METHOD FOR EVALUATING QUALITY OF REPRODUCED SIGNAL, AND INFORMATION REPRODUCING DEVICE

Publication number: JP2003141823 Publication date: 2003-05-16

Inventor: NAKA.IIMA

NAKAJIMA TAKESHI; MIYASHITA SEIJUN; FURUMIYA

SHIGERU; ISHIBASHI HIROMICHI

Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Classification:

- international: G11B20/10; G11B20/18; G11B20/10; G11B20/18;

(IPC1-7): G11B20/18; G11B20/10

- european:

provided.

Application number: JP20020196099 20020704

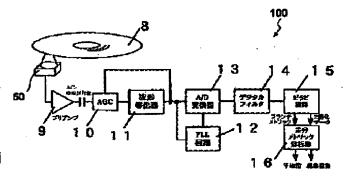
Priority number(s): JP20020196099 20020704; JP20010219372 20010719;

JP20010251138 20010822

Report a data error here

Abstract of JP2003141823

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for evaluating a signal quality on the basis of an index, by which the error rate of the binarized result obtained by maximum likelihood decoding can appropriately be estimated. SOLUTION: In a maximum likelihood decoding system for estimating a most certain state transition stream out of (n) ((n) is n integer of >=2) ways of state transition streams while having state transition rules capable of taking a plurality of states in a time (k) ((k) is an arbitrary integer) and taking (n) ways of state transition streams from the state in a time k-j ((i) is an integer of >=2) to the state in the time (k), when the certainty of state transition from the state in the time k-j of the most certain state transition stream among (n) ways of state transition streams to the state in the time (k) is defined as PA, the certainty of the state transition from the state in the time k-i of the second certain state transition stream to the state in the time (k) is defined as PB and the reliability of the decoded result from the time k-i to the time (k) is defined as &verbar PA-PB&verbar, the value of &verbar PA-PB&verbar is found for a prescribed time or prescribed times and by finding the diffusion thereof, the index presenting the signal quality correlative with the error rate of the binarized result of maximum likelihood decoding can be



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY

(11) 特許出顧公開番号 概(4) ধ 盐 华 噩 ধ 2 (18) 日本国格群庁 (1 b)

特開2003-141823

(P2003-141823A)

平成15年5月16日(2003.5.16) (43)公開日

(51) Int.Cl.	學別記号		F.			si-	テーマュード(参考)
G11B 20/18	550		5	G11B 20/18		550C	5 D 0 4 4
	501					501C	
						501F	
	520					520C	
	534					534A	
		物位部分	未競子	館水頃の数15 OL	70	全29月)	最終買い版へ

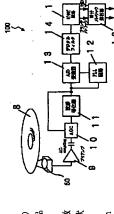
			The second secon
(21)出國聯中	体 翼2002-196099(P2002-196099)	(71)出頃人 00005821	000005821
			松下電器産業株式会社
(22) (5度日	平成14年7月4日(2002.7.4)		大阪府門其市大字門其1006番地
		(72) 発明者	中等を
(31)優先権主張番号	(31)優先権主張番号 特顧2001-219372(P2001-219372)		大阪府門真市大学門真1006番炮 松下電器
(32) 優先日	平成13年7月19日(2001.7.19)		産業株式会社内
(33)優先権主張国	日本(1P)	(72) 発明者	阿许 即相
(31)優先権主張番号	(31) 優先権主張番号 特顧2001-251138 (P2001-251138)		大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
(32)優先日	平成13年8月22日(2001.8.22)		应業株式会社内
(33) 優先権主戦国	日本(JP)	(74)代理人 100101683	100101683
			弁理士 英田 試可

再生信号品質評価方法および情報再生装置 (54) [発明の名称]

率を適切に予想することができる指標に基づいて信号品 【歌題】 最尤彼号を用いて得られた2値化結果の誤り 質を評価する方法を提供する。

つきを求めることで最尤復号の2値化結果の誤り率と相 【解決手段】 時刻k (kは任意の整数) において複数 通りの状態遷移列をとり得る状態遷移則を有し、n 通りの状態遷移列のうち最も確からしい状態遷移列を推 ち最も確からしい状態遷移列の時刻kーjでの状態から Aとし、2番目に確からしい状態選移列の時刻kーjで の状態から時刻kでの状態に至るまでの状態遷移の確か らしさをPBとし、時刻トー」から時刻トまでの復号結 果の信頼性を | PA-PB | とすると、所定の時間ある いは所定の回数、 | PA-PB | の値を求め、そのばら の状態をもち、時刻k-j(jは2以上の整数)での状 定する最先復号方式において、n通りの状態遷移列のう 時刻kでの状態に至るまでの状態遷移の確からしさをP 糖から時刻kでの状態に至るまでn (nは2以上の整 数

関のある信号品質を示す指標が得られる。



特許請求の範囲】

りの状態圏移列のうちから最も確からしい状態圏移列を **毀択する最尤復号方式によって再生信号の復号を行なう** 場合における、前記復号された信号の品質評価方法であ |翻水項1] 時刻k-j (kは3以上の整数、jは2 5第2状態S1へと遷移するn (nは2以上の整数) 通 以上の整数)における第1状態Si,から時刻kにおけ

前記時刻k − j から時刻kまでの所定の期間j における と前記第2状態S、との所定の組み合わせを検出するエ 前記 n 通りの状態遷移列を規定する前記第 1 状態 Sri

2

|周頼性を判断する工程とを包含する再生信号品質評価方 前記検出された前記所定の組み合わせによって規定され る前記n通りの状態遷移列のうちの最も確からしい第1 の状態遷移列の前記所定の期間」における状態遷移の確 からしさを表す指標をPaとし、2番目に確からしい第 2の状態遷移列の前記所定の期間;における状態遷移の 確からしさを示す指標をPbとするとき、 | PaーPb を用いて前記時刻kーjから時刻kまでの復号結果の

前記Paは、前記所定の期間jにおける との差に基づいて規定され、前配Pbは、前配所定の期 間 j における前記第2の状態遷移列が示す期待値と前記 前記第1の状態遷移列が示す期待値と実際のサンプル値 実際のサンプル値との差に基づいて規定される請求項1 こ記載の再生信号品質評価方法。

最終買に続く

る、前記第1の状態遷移列が示す時刻kーjから時刻k 界種値に対応し、前記Pbは、前記第2の状態遷移列が までの期待値1に、・・・・・1に、1にも前記実際の サンブル値タトパ, ・・・, タトパ, タィとの差の2乗の 「翻水項3】 前記Paは、前配所定の期間 」 におけ

8

・, y :, y 、との差の2乗の累積値に対応する請求項 ・, mrı , m と前記実際のサンプル値 y い, ・・ 示す時刻kーjから時刻kまでの期待値m.,,・・・ 2 に記載の再生信号品質評価方法。

整移列とのユークリッド距離は最小値を有する請求項1 前記第1の状態遷移列と前記第2の状態 【請求項5】

【開求項4】 n=2である請求項1に記載の再生信号

前記|Pa-Pb|を複数回測定するこ とによって、前記復号結果の信頼性のバラツキを判断す る工程をさらに包含する間水項1に配載の再生信号品質 に記載の再生信号品質評価方法。 【翻水項6】

P b | の分布の標準偏差を用いて示される請求項6に記 前記信頼性のバラツキは、前記 | Paー 数の再生信号品質評価方法。 [請求項7]

20 P b | の標準偏差と前記 | P a - P b | の分布の平均値 【謝求項8】 前記信頼性のバラツキは、前記 | Pa -

特開2003-141823

3

とを用いて示される請求項6に記載の再生信号品質評価

ランキを判断する請求項6に記載の再生信号品質評価方。 前記 | Pa - Pb | が所定の値を超える 頻度を検出することによって前記復号結果の信頼性のバ [點水項9]

り、かつ、PR (CO, C1, CO) 等化された再生個。 【精末項10】 記録符号の最小極性反転間隔が2であ 号を復号することを特徴とする請求項1に記載の再生信 号評価方法。 【請求項11】 記録符号の最小極性反転間隔が2であ 再生信号を復号することを特徴とする請求項1に記載の り、かつ、PR (CO, C1, C1, C0) 等化された 【晴末項12】 記録符号の最小極性反転間隔が2であ 再生信号評価方法。

された再生信号を復号することを特徴とする請求項1に 【糖求項13】 前記 | Pa - Pb | を計算するとき、 記載の再生信号評価方法。

9、かつ、PR (CO, C1, C2, C1, CO) 等化

特徴とする前記請求項2または3に記載の再生信号評価 前記実際のサンプル値の2乗の計算を行なわないことを

ຂ

【開水項14】 再生信号の振幅値を調整するゲインコ 所定の等化特性となるように前記再生信号を被形整形す ントローラと、

前配再生信号と同期がとられた再生クロックを生成する る故形等化器と

うことによってサンプリングデータを生成し、前配サン 前配再生信号を前配再生クロックでサンプリングを行な 再生クロック生成回路と、

煎部サンプリングデータから最も確からしいディジタル プリングデータを出力するA/D変換器と 間報を復号する最尤検出器と、

前記量尤検出器において最も確からしいと判断された第 1の状態遷移列の所定の期間における状態遷移の確から しさを表す指標をPaとし、2番目に確からしい第2の 状態圏移列の前記所定の期間における状態圏移の確から しさを示す指標をPbとするとき、|Pa-Pb|を算 【簡求項15】 前記数形等化器とは異なる所定の等化 特性となるように被形整形を行なう追加の被形等化器を 出する差分メトリック演算器とを備える情報再生装置。 8

形盤形された再生信号から生成される請求項14に記載 前配再生クロックは、前配追加の被形等化器によって被 の情報再生装置。

【発明の詳細な説明】

0001

れたディジタル情報を最先復号方式によって復号する場 |発明の属する技術分野||本発明は、記録媒体に記録さ

合において、復号された信号の品質を評価する方法およ

ල

[0002]

どの、記録媒体に記録されたディジタル情報を再生する 光ディスクドライブあるいは光磁気ディスクドライブな (従来の技術】近年、AV機器やパーソナルコンピュー タなどにおいて、HDD (ハードディスクドライブ)、 ことができる装置が広く利用されている。

[0003] 図1は、従来の光ディスクドライブ900 光学ヘッド2により再生信号に変換される。再生信号は 通常、コンパレータ4から出力される2値化信号の積分 故形等化器3により故形鼈形された後、コンパレータ4 の部分的な構成を示す。光ディスク 1 からの反射光は、 において2値化される。コンパレータ4のしきい値は、 結果が0となるようにフィードバック制御される。

回路を用いれば、例えばディスクが偏心を有している場 ンパレータ4から出力された2値化信号と、VCO(電 圧制御発板器)7から出力されるクロック信号との位相 **製差を検出する。検出された位相誤差はLPF(ローパ** スフィルタ) 6によって平均化処理され、このLPF6 る。このようにしてVCO7の制御電圧 (VCO7の発 坂周波数)は、位相比較器5から出力される位相誤差が 常に0になるようにフィードバック制御され得る。これ 合などにおいても、安定して再生信号に同期したクロッ 信号を出力させることが可能である。このようなPLL により、VCO7によって再生信号と同期したクロック [0004] 光ディスクドライブ900では、PLL (phase looked loop) 回路によって再生信号に同期す からの出力に基づいてVCO7の制御電圧が設定され るクロック信号(再生クロック信号)が生成される。 生クロック信号を生成するために、位相比較器5は、 ク信号を抽出することができる。

なわち、コンパレータ4から出力される2値化信号にお けるしきい値を超える信号部分) が存在するか否かを検 出することによってディジタル情報を再生することがで ル情報)が1か0かを判断するために用いられる。より 具体的には、再生クロック信号によって規定される窓幅 (ウィンドウ油) 内にコンパレータ4の検出パルス (す 【0005】再生クロック信号は、記録符号(ディジタ

生クロックのウィンドウ幅を外れてしまい、それによっ よって、コンパレータ4から出力される検出パルスが再 【0006】ただし、再生信号の符号間干渉や記録マー クの歪あるいは回路ノイズやPLL回路の制御残差等に て設りが発生する場合がある。このようなコンパレータ 4の検出パルスと再生クロックとの間の時間のずれは 「ジッタ」と呼ばれている。

23 【0007】上述のようにしてディジタル情報を再生す る場合、ジッタの分布を求めることで再生信号品質(誤 り率)を検出することができる。このジッタの分布は、

平均値が0の正規分布をなすと仮定することができ、こ の場合に、誤り率pj(σ/Tw)は、ジッタ分布の標準偏差 oを用いて以下の式(1)および(2)で表される。 [0008]

(E) ... $Pj(\sigma/Tw) = 2erfc(\frac{Tw/2}{\sigma})$ [数1]

[6000]

...(3) [数2]

【0010】ここで、σは正規分布と仮定したジッタの

に測定することができる。このため、現実的に誤りが発 生しやすさを予想することができる。このようにしてジ るように等化器のパラメータなどを調節することで、よ 【0011】図2に示すグラフから、ジッタの標準偏差 R)が増加することがわかる。再生信号のジッタは、T I A(タイム・インターバル・アナライザ)を用いて実際 生しない場合であっても、個号の品質をジッタの標準偏 蒄o∕Twで評価することができ、これにより散りの発 記録媒体の性能、光学ヘッドなどの性能を確認および検 **査することができる。また、ジッタの標準偏差が低下す** ッタの標準偏差を測定すれば、例えばドライブの性能、 の増加にしたがって散り率(ビットエラーレートBE 分布の標準偏差であり、Twはウィンドウ幅である。 り安定した再生動作を行なうことが可能である。

る。PRML方式では、記録密度が高い場合において符 る。この最尤複号方式としては、例えばPRML(Part び再生が行なわれている。より具体的には、記録媒体か ら再生された信号は、故形等化器やデジタルフィルタな (最も確からしい) 2値化データに復号される。PRM よって復号が行なわれる。一般に、時刻kまでの、状態 【発明が解決しようとする課題】一方、上述のようにコ ンパレータ4から出力される2値化信号から直接的にデ ィジタル情報を再生する方法とは異なり、最尤仮号方式 ial Response Maximum Likelihood) 方式が知られてい どを用いて所定の周波数特性を持つようにパーシャルレ スポンス等化された後、ピタビ復号などを用いて最尤な 符号聞干渉の影響が比較的大きい再生信号からであって 【0013】このような最尤復号方式では、再生信号に 基づいて、最も確からしい状態遷移列を避択することに 号間干渉が起こることを考慮した上でデータの記録およ 5、誤り率の低いデータを復号することが可能である。 Sn(nは状態数)に至る状態遷移の確からしさを表す盘は こよってディジタル情報を再生する方法が知られてい L方式では、S/N(信号対雑音)の低い再生信号や、 式(3)で定義される。 [0012]8 49

(3)

[数3]

タルサンプルデータ)の値、level. は期待される理想的 [0015] ここでか、は時刻;における再生信号(デジ な再生信号の値である。

列が選択される。最尤復号方式を用いる場合、上述の時 てユークリッド距離(y.-level.) を水めており、このユ [0016] 最尤復号回路では、上記の式 (3) で求め られる確からしさを表す量が最小となるような状態圏移 刻トごとに検出ペルスがウィンドウ幅に入っているか否 とに再生クロックでサンプリングされたデータn、を用い め、最尤復号方式での復号結果は、過去のサンプリング された再生信号のサンブル値nにも影響されることにな かで"1"と"0"とを判別する方法とは異なり、時刻以ご ークリッド距離に基づいて復号が行なわれる。このた

ッタの標準偏差のが同じ値の再生信号であっても、観り である。従って、最尤復号方式により適した誤り率の予 再生信号のジッタの標準偏差σを用いて、最尤復号によ って得られる2値化結果の誤り率を予想することは困難 が発生する場合と発生しない場合とがある。このため、 【0017】このような最尤復号方式を用いる場合、 側方法 (信号品質評価方法)を用いる必要がある。

ន

の差を求め、この差を統計処理することによって信号品 [0018] 最尤復号方式で再生された信号の品質を評 価する方法は、例えば特開平10-21651号公報に 記載されている。この公報に記載の装置では、ユークリ ッド距離が最小となる2つのパス(状態遷移列)の北度 質を評価している。

スを戦って選択している場合などにおいて、所望でない 【0019】より具体的には、時刻kにおいて同一の状 たパス(生き残りパス)のブランチメトリックの累積値 ンチメトリックの累積値を用いる場合、時刻 k - 1以前 のパスとして、実際に尤度を調べたいパスとは異なるパ ブランチメトリックの累積値を用いてしまう可能性があ つのパスを選択して、これらの尤度の差を求めることは **態を取る2つのパスの尤度の差を求めるために、時刻k** - 1において異なる2つの状態 (各パスにおける時刻k - 1での状態)のそれぞれにおける既に最尤と判断され が用いられている。しかしながら、時刻k-1 でのブラ った。上記公報には、ユークリッド距離が最小となる2 記載されているものの、その2つのパスについての実際 に求めたい尤度の計算をより確実に行なうための方法に ついては特に記載されていない。

であり、その目的とするところは、最尤復号による2値 化結果の誤り率との相関のある指標を用いた再生信号品 [0020] 本発明は、上記課題を鑑みてなされたもの 質の評価方法および評価装置を提供することにある。

€

特頭2003-141823

2.状態S.へと遷移するn (nは2以上の整数) 通りの €. する最尤復号方式によって再生信号の復号を行なう場合。 **浦方法は、時刻k−j (kは3以上の整数、jは2以上** 状態遷移列のうちから最も確からしい状態遷移列を選択 て、前配時刻kーjから時刻kまでの所定の期間jにお ける前記n通りの状態器移列を規定する前記第1状態S □ と前記第2状態S、との所定の組み合わせを検出する 規定される前記n通りの状態遷移列のうちの最も確から しい第1の状態遷移列の前記所定の期間 」 における状態 **圏移の確からしさを表す指標をPaとし、2番目に確か** らしい第2の状態遷移列の前配所定の期間;における状 版遷移の確からしさを示す指標をPbとするとき、 | P a-Pb|を用いて前記時刻k-jから時刻kまでの復 【課題を解決するための手段】本発明の再生信号品質評 工程と、前記検出された前記所定の組み合わせによって の整数) における第1状態5点 から時刻kにおける第 における、前記復号された信号の品質評価方法であっ 号結果の信頼性を判断する工程とを包含する。 9

れ、前記Pbは、前記所定の期間;における前記第2の 状版圏移列が示す期待値と前記実際のサンプル値との差 [0022] ある好ましい実施形態において、前記Pa は、前紀所定の期間」における前記第1の状態選移列が 示す期待値と実際のサンプル値との逆に基づいて規定さ に基づいて規定される。

は、前配所定の期間」における、前配第1の状態遷移列 ・, y・1, y1との差の2乗の累積値に対応し、前配P bは、前記第2の状像遷移列が示す時刻kーjから時刻 【0023】ある好ましい実施形像において、前配Pa kまでの期待値mr-/ ,・・・, mr-i , m,と前記実際 のサンブル値ターハ ,・・・,タ・ハ , タ・との蒄の2類 が示す時刻 k 一 j から時刻 k までの期待値 1 :-, , ・・ 1: ・ 1、と哲范実験のサンプル値 y・・

8

[0024] ある好ましい実施形態において、n=2で の累積値に対応する。

の状態遷移列と前記第2の状態遷移列とのユークリッド 【0025】ある好ましい実施形像において、前記第1 距離は最小値を有する。

【0026】ある好ましい実施形態において、前記 | P a - P b | を複数回測定することによって、前記復号結 果の信頼性のバラツキを判断する工程をさらに包含す [0027] ある好ましい実施形態において、前記信頼 性のバラツキは、前記 | Pa - Pb | の分布の標準偏差 を用いて示される。

性のバラツキは、前記 | Pa-Pb | の標準偏差と前記 【0028】ある好ましい実施形態において、前記信頼 | P a − P b | の分布の平均値とを用いて示される。 【0029】ある好ましい実施形態において、前記 | P

20

特開2003-141823

9

a - P b | が所定の値を超える頻度を検出することによ って前記復号結果の信頼性のバラツキを判断する。

[0030] ある好ましい実施形態において、記録符号 の最小極性反転間隔が2であり、かつ、PR(C0,C 1, C0) 等化された再生信号を復号することを特徴と [0031] ある好ましい実施形態において、記録符号 1, C1, C0) 等化された再生信号を復号することを の最小極性反転間隔が2であり、かつ、PR (C0, C

【0032】ある好ましい実施形像において、記録符号 の最小極性反転間隔が2であり、かつ、PR (C0, C 1, C2, C1, C0) 等化された再生信号を復号する ことを特徴とする。 [0033] ある好ましい実施形態において、前記 | P a-Pb|を計算するとき、前記実際のサンプル値の2 乗の計算を行なわないことを特徴とする。

遷移列の前記所定の期間における状態遷移の確からしさ を示す指標をPbとするとき、 | Pa-Pb | を算出す* 性となるように前記再生信号を波形整形する波形等化器 [0034] 本発明による情報再生装置は、再生信号の 坂福値を調整するゲインコントローラと、所定の等化特 と、前記再生信号と同期がとられた再生クロックを生成 する再生クロック生成回路と、前記再生信号を前記再生 最尤検出器において最も確からしいと判断された第1の を表す指標をPaとし、2番目に確からしい第2の状態 るA/D変換器と、前記サンプリングデータから最も確 からしいディジタル情報を復号する最尤検出器と、前記 状態遷移列の所定の期間における状態遷移の確からしさ ングデータを生成し、前記サンプリングデータを出力す クロックでサンプリングを行なうことによってサンプリ

Level, = b. + 2 b. + 2 b. + 2 b. 0042] ここでkは時刻を表す整数、vは0~6ま での整数である。 PR (1, 2, 2, 1) 等化の場合、 記録符号の組み合わせに応じて、理想的なサンプル値 (期待値) が0~6までの7通りの値 (Level.)

[0043] 次に、記録符号の状態の遷移について説明 1 での状態をS(b,n , b,n , b,n)とする。時刻kー1 する。時刻kでの状態をS(bra 'br' 'ba)とし、時刻k-を取り得る。

* る差分メトリック演算器とを備える。

[0035] ある好ましい実施形態において、前記被形 等化器とは異なる所定の等化特性となるように被形整形 を行なう追加の被形等化器を更に備え、前配再生クロッ クは、前記追加の波形等化器によって波形整形された再 生信号から生成される。

[0036]

品質の評価方法について説明する。以下に説明する形態 [発明の実施の形態] 以下、本発明による再生信号品質 【0037】以下、本発明の実施形態にかかる再生信号 評価方法および情報再生装置の実施の形態を説明する。

2

間放数特性とが、全体としてPR (1, 2, 2, 1)等 において、記録符号としては、(1,7)RLL変調方 式などに従って規定された最小極性反転間隔が2の符号 が用いられる。すなわち、記録符号は0または1が必ず 2以上連続する。また、記録系の周波数特性と再生系の 化特性を示すように設定されているPRML方式を利用 して復号を行う。以下、より具体的な復号手順について 脱明する。

[0038] 記録符号 (0または1のいずれか) を以下

のように表記する。

[0039]

1 時刻前の記録符号: b.: 現在の記録符号

2時刻前の記録符号: b.2 3時刻前の記録符号: b,; 【0040】PR (1, 2, 2, 1) 等化されている場 **合の再生信号の理想的な値をLeve1.とすると、L**

B v e 1. は以下の式(4)で表される。 [0041]

⊕

以下の表1に示すような状態遷移表が得られる。上述の ように、0と1との最小反転間隔が2である変調方式が **保用されているため、記録符号が取り得る状態遷移は以** での状態と時刻kでの状態との組み合わせを考えると、

Fの10通りに限定される。 [0044] [表1]

9

最小反転間隔2と PR(1,2,2,1)の制約から定まる状態選移表

時刻 k-1 での状態	時刻トでの状態	
S(bk.3, bk.2, bk.1)	S(bk-2, bk-1, bk)	br/Level,
S(0,0,0)	(0,0,0)	0/0
8(0,0,0)	S(0,0,1)	1/1
S(0,0,1)	S(0,1,1)	1/3
S(0,1,1)	S(1,1,0)	0/4
S(0,1,1)	S(1,1,1)	1/5
S(1,0,0)	(0'0'0)S	1/0
S(1,0,0)	S(0,0,1)	1/2
S(1,1,0)	S(1,0,0)	0/3
S(1,1,1)	S(1,1,0)	0/5
S(1,1,1)	S(1,1,1)	9/1

【0045】簡単のために、時刻kでの状態5(0,0,0)、を 50,、状態5(0,0,1),を51,、状態5(0,1,1),を52,、状態5 (1,1,1),を33、状態(1,1,0),を54、状態(1,0,0),を の期間 (再生クロックの1周期下に対応する時間) に生 55.というように表記する。時刻トー1から時刻トまで た、これを時間軸に関して展開すると図4に示すトレリ じ得る状態遷移は図3に示す状態遷移図で表され、ま ス図が得られる。

4 および図5では、状態遷移ごとに(記録符号/Lev 【0046】ここで、時刻kでの状態S0、と時刻k-5での 方の状態遷移列をパスBとするとパスBは状態50㎏、S での7つの値を取るものとして示しており、一3~3の との間で取り得る2つの状態遷移列を示している。取り 得る状態遷移列の一方をパスAとすると、パスAは状態 SO14 、SO14 、SO14 、SO14 、SO14 、SO1 を題移し、他 11- 、 S21-3 、 S41-3 、 S51-1 、 S01 を避移する。 なお、図 elv)が示されているが、Levelvはー3~3ま それぞれが上記のLevelvの0~6のそれぞれに対 状態20.4 とに注目する。図5は、状態50.と状態50.4 応している。

C-1 , G)=(0,0,0,x,x,0,0,0)となる復号結果(xは0ま *40 での復号データ(Crì , Crè , Crè , Crì , Crì , Crì , には、上述のパスAまたはパスBのいずれかを遷移する ものと推定される。すなわち、時刻kー7から時刻kま であり、かつ、時刻kでの状態が50kであるような場合 【0047】このように、時刻kー5での状態がSO。

 $Pa=(y_{t-1}-0)^2+(y_{t-3}-0)^2+(y_{t-2}-0)^2+(y_{t-1}-0)^2+(y_t-0)^2$

 $p_{b} = (y_{k+1} - 1)^{2} + (y_{k+2} - 3)^{2} + (y_{k+2} - 4)^{2} + (y_{k+1} - 3)^{2} + (y_{k} - 1)^{2}$ 【0052】このようにして求められる累積値Paは、時 刻kー5から時刻kまでの所定の期間におけるパスAの **圏移の確からしさを示す指標であり、Paの値が小さいほ** は、時刻k-5から時刻kまでの所定の期間における、 どパスAが確からしいことになる。また、累積値Pb [0051]

が小さいほどパスBが確からしいことになる。Paまた

パスBの遷移の確からしさを示す指標であり、Pbの値

[0048] このようにして時刻kでの状態SQ、と時刻k 0, x, x, 0, 0, 0) となる復号結果が得られた場合)、パスA 値)と実際のサンプル値とのずれの大きさと、パスBが **示す理想的なサンプル値(期待値)と実際のサンプル値** とのずれの大きさとを比較することによって行なうこと ができる。より具体的には、パスAとパスBのそれぞれ が示す時刻k - 4から時刻kまでの期待値 (Level のそれぞれとの差の2乗の累積結果に基づいて、パスA またはパスBのいずれの状態遷移列がより確からしいか -5での状態201.4 とが検出された場合 (すなわち、(0,0, * たは1の値)が得られた場合には、パスAまたはパスB の状態圏移が最も確からしいと推定されたこととなる。 とパスBとのいずれがより確からしいかが判断される。 ,) のそれぞれと、再生信号yva からyr までの実際の値 この判断は、パスAが示す理想的なサンプル値(期待 を判断することができる。 2 8

[0049] ここで、パスAが示す時刻kー4から時刻 1) と再生信号y いからy、までの値との差の2乗の場 **質値をPbとすると、累積値Paは以下の式(5)で表** なわち、0,0,0,0)のそれぞれと再生信号y パスBの時刻kー4から時刻kまでの期待値m1・,m kまでの期待値114 , 113 , 114 , 11 (す 1. からy1までの値との差の2乗の累積値をPaとし、 ы, mы, mы , mь († ttb 5, 1, 3, 4, 3, され、累積値Pbは以下の式(6)で表される。

... (5)

はPbの値が0である場合にはパスAまたはパスBの確

[0053] 次に、PaとPbとの差PaーPbの意味 ば、パスAを自信を持って選択し、Pa>>Pbであれ について説明する。最尤復号回路はPa<<Pbであれ Pa=PbであればパスA、パスBのいずれを選択して ばパスBを自信を持って選択することになる。ただし、 からしさが最大となる。 22

3

特開2003-141823

であるといえる。従って、Pa-Pbの値は、復号結果 の信頼性を判断するために用いられ得る。すなわち、P く、Pa-Pbの絶対値が0に近いほど復号結果の信頼 **らおかしくなく、復号結果が正しいかどうかは5分5分** a - P b の絶対値が大きいほど復号結果の信頼性は高 性は低いことになる。

ために、例えば、復号結果に基づいて所定の時間あるい は所定の回数Pa-Pbを求めることによりPa-Pb [0054]この復号結果の信頼性を示す指標Pa-P bは再生信号の品質を評価するために用いられる。この す。図6 (a) は再生信号にノイズが重量された場合の Pa-Pbの分布を示している。この分布には2つのピ ークがあり、1つはPa=0となるときに頻度が極大と なり、もう1つはPb=0となるときに頻度が極大とな d、Pb=0となるときのPa-Pbの値をPstdと 表すことにする。Pa-Pbの絶対値をとり、|Pa-Pb | -Pstdを求めると図6(b)に示すような分 の分布を得る。PaーPbの分布の模式図を図6に示 る。Pa=0となるときのPa-Pbの値を-Pst 布が得られる。

復号の誤りが発生するとみなした場合、標準偏差 σ と平 [0055]この分布を正規分布であると仮定して、分 布の標準偏差σと平均値Paveを求める。この分布の 標準偏差のと平均値Paveとは、ビット誤り率を予測 9、この分布曲線が、 | Pa-Pb | の値が0以下を取 するために用いられ得る。例えば、 | Pa-Pb | の分 布を示すものとして推定される分布曲線がなだらかであ PaーPb | の値が0以下となる確率に応じた頻度で 均値Paveとを用いて、鰕り確率P (a, Pave) り得るような関数によって規定されるとき(すなわち、 Pa-Pb | が0を取る頻度が0ではないとき) に、 は以下の式(7)によって規定することができる。

0056

P(σ , Pave)=erfc(Pstd+Pave / σ)

平均値Paveと標準偏差σとを用いれば、最尤復号方 [0051]このように、PaーPbの分布から求めた 式による2値化結果の誤り率を予想することができる。

指標として用いることが可能である。なお、上記の例で ているが、|Pa-Pb|の分布が正規分布であると見 aveと標準偏差oとを求める代わりに、|Pa-Pb うにしてもよい。こうして得られたカウント数は、 | P つまり平均値Paveと標準偏差σとを再生信号品質の は │ P a − P b │の分布が正規分布であることを仮定し なすことが困難である場合には、上近のような平均値P の値が所定の基準値以下になる回数をカウントするよ a-Pb | のバラツキの程度を示す指標となり得る。

ることによって、再生信号の品質の評価(ビット誤り率 【0058】以上に説明したように、本実施形態によれ 号の信頼性 | Pa - Pb | のバラツキ程度 (分布)を得 0)から所定の第2の状態(例えばS0)へと状態圏移 が生じる場合に、取り得る2つのパスについての上記所 定の期間における確からしさの差の絶対値 | Pa−Pb を計算することによって復号の信頼性を判断すること ができる。さらに、|Pa-Pb|を複数回測定して復 ば、所定の期間において所定の第1の状態 (例えばS の予測)を行なうことができる。

【0059】なお、このような方法によって信号品質の (すなわち、20のパス間のユークリッド距離が最小と このような2つのパスの確からしさの差の絶対値 | Pa ーP b | を用いて信号品質を評価すればよい。以下、こ なるもの)を取り得る状態遷移の組み合わせを選択し、 評価を行なう場合、最も誤りが生じやすい2つのパス の点について詳細に説明する。 【0060】上述のように最小極性反転間隔が2である k での状態との組み合わせ)と、それぞれの状態遷移に **とともに、PR(1,2,2,1)等化を用いた状態遷** 移則に従う再生信号を復号する場合、2つのパスを取り 得る状態遷移は、時刻k-5から時刻kの範囲では、上 記の表2に、その状態遷移(時刻kー5での状態と時刻 おいてPa-Pbが取り得る値(Pstd)とを示す。 ばのS0≒ からS0,への瓔移の他に15通りある。 [0061]

8

8

特開2003-141823

2つの遷移列をとりうる最短の状態遷移の組み合わせ

	復号結果の信頼性 Pa-Pb	性 Pa-Pb
状態遷移	Pa=0 のとき	Pb=0 のとき
SO _{k·s} → SO _k	-36	+36
S0k·5 → S1k	. 36	+36
S0k-4 → S4k	.10	+10
S0k-4 → S3k	.10	+10
S2k-4 → S0k	-10	+10
$S2_{k-4} \rightarrow S1_k$.10	+10
$S2_{k\cdot 5} \rightarrow S4_k$	-36	+36
S2 _{k·5} → S3 _k	-36	+36
S5k·5 →·S0k	-36	+36
S5k.6 → S1k	-36	+36
S5k-4 → S4k	.10	+10 8.0.
S5k-4 → S3k	-10	+10
S3k.4 → S0k	-10	+10 < %
$S3_{k-4} \rightarrow S1_k$	•10	+10
S3 _{k·6} → S4 _k	-36	+36
S3k.5 → S3k	-36	+36

【0062】上記の16通りの復号結果の信頼性Paー P b は下記の式(8)で表すことができる。

(Get , Che , Che , Che , Che , Che , Che , Ch) = (0,0,0,x,x,0,0,0)00 + (ch-1, ch+1, ch+1, ch+1, ch+1, ch+1, ch-1, ch) = (0,0,0,x,x,0,0,1) 00 20 (Gr.) Cre , Crs , Crs , Crs , Crs , Cr1 , Cs) = (0,1,1,x,x,1,1,1)0) LE (Gt.) Ct. (Ct.) Ct. , Ct. , Ct.) Ct. , Ct. , Ct.) = (1,0,0,x,x,0,0,1)0) $P_{a} - P_{b} \; = \; (E_{i \rightarrow} \; -F_{i \rightarrow e} \;) + (D_{i \rightarrow} \; -G_{i \rightarrow} \;) + (C_{i \rightarrow} \; -G_{i \rightarrow} \;) + (D_{i \rightarrow} \; -G_{i \rightarrow} \;) + (E_{i} - F_{i} \;)$ $Pa-Pb = (E_{k+1} - F_{k+1}) + (D_{k+3} - G_{k+3}) + (C_{k+2} - G_{k+2}) + (D_{k+1} - G_{k+1}) + (F_1 - G_1)$ $Pa-Pb \ = \ (A_{k-4} \ -B_{k-4} \) + (A_{k-3} \ -D_{k-3} \) + (A_{k-2} \ -E_{k-2} \) + (A_{k-1} \ -D_{k-1} \) + (A_k -B_k)$ $Pa-Pb = (A_{k-1} - B_{k-1}) + (A_{k-3} - D_{k-3}) + (A_{k-2} - E_{k-2}) + (A_{k-1} - D_{k-1}) + (B_k - C_k)$ $P_{a}-P_{b}=(B_{t-4}-C_{t-4})+(A_{t-3}-D_{t-3})+(A_{t-2}-E_{t-2})+(A_{t-1}-D_{t-1})+(A_{t}-B_{h})$ $Pa-Pb = (B_{k-1} - C_{k-1}) + (A_{k-3} - D_{k-3}) + (A_{k-2} - E_{k-2}) + (A_{k-1} - D_{k-1}) + (B_k - C_k)$ (che, chs, cha, cra, cha, cha, ch) = (0,1,1,x,0,0,0)のとき (cit , Cits , Cit , Cit , Cit , Cit , Cit) = (0,1,1,x,0,0,1)0)23 (cit , cit) = (0,0,0,x,1,1,0) 0 2 3 (Gif , Chs , Chs , Chs , Chs , Chr , Ch) = (0,0,0,x,1,1,1,1) 0 2 3 (Cht, Chs, Chr, Chi, Chi, Chi, Chi, Ch) = (1,0,0,x,1,1,0)023 (Cire, Cire, Cire, Cire, Cire, Cire, Cir) = (1,0,0,x,1,1,1)023 (Che , Che , Che , Che , Che , Che , Ck) = (1,1,1,x,0,0,0) 0 2 3 $Pa-Pb = (A_{k-3} - B_{k-3}) + (B_{k-2} - D_{k-2}) + (D_{k-1} - F_{k-1}) + (E_k - F_k)$ $Pa-Pb = (A_{k-3} - B_{k-3}) + (B_{k-2} - D_{k-2}) + (D_{k-1} - F_{k-1}) + (F_1 - G_n)$ $P_{R}-P_{b}=(E_{k\cdot3}-F_{k\cdot3})+(D_{k\cdot2}-F_{k\cdot2})+(B_{k\cdot1}-D_{k\cdot1})+(A_{1}-B_{1})$ $Pa-Pb = (E_{k:3} - F_{k:3}) + (D_{k:2} - F_{k:2}) + (B_{k:1} - D_{k:1}) + (B_k - C_k)$ $Pa-Pb = (B_{h^{*3}} - C_{h^{*3}}) + (B_{h^{*2}} - D_{h^{*2}}) + (D_{h^{*1}} - F_{h^{*1}}) + (E_{h} - F_{h})$ $Pa-Pb = (B_{k-3} - C_{k-3}) + (B_{k-2} - D_{k-2}) + (D_{k-1} - F_{k-1}) + (F_1 - C_1)$

 $Pa-Pb = (F_{k\cdot3} - G_{k\cdot3}) + (D_{k\cdot2} - F_{k\cdot2}) + (B_{k\cdot1} - D_{k\cdot1}) + (A_1 - B_1)$

 $(c_{44} \ , \ c_{43} \ , \ c_{44} \ , \ c_{43} \ , \ c_{41} \ , \ c_{42} \ , \ c_{41}) = (1,1,1,x,0,0,1) \, \mathcal{O} \, \mathcal{E} \, \\ Pa-Pb = (F_{42} - G_{42}) + (B_{42} - F_{42}) + (B_{41} - D_{41}) + (B_{4} - C_{43})$

 $Pa-Pb \ = \ (F_{k+} - G_{k+} \) \ + (D_{k+} - G_{k+} \) \ + (D_{k+} - G_{k+} \) + (F_k - G_k)$

[0065]また、上記式(8)を、Pstdが10の場 * [0066]

 $(c_{14}, c_{15}, c_{15}, c_{17}, c_{17}, c_{17}, c_{17}, c_{17}) = (0, 0, 0, x, 1, 1, 0) \mathcal{O} \mathcal{E} \mathcal{E}$

 $P_{a} - P_{b} \; = \; \left(A_{k,1} \; - B_{k,2} \; \right) + \left(B_{k,2} \; - D_{k,2} \; \right) + \left(D_{k,1} \; - F_{k,1} \; \right) + \left(E_{1} - F_{1} \right)$

 $(c_{i+1}, c_{i+1}, c_{i+1}, c_{i+1}, c_{i+1}, c_{i+1}, c_{i+1}) = (0, 0, 0, x, 1, 1, 1) \mathcal{O} \mathcal{L} \overset{\circ}{\otimes} \\ Pa-Pb = (A_{k+1} - R_{k+1}) + (R_{k+1} - R_{k+1}) + (R_{k-1} - F_{k+1}) + (F_k - G_k) \\$

 P_{3} - P_{6} = $P_{4,3}$ = $P_{4,3}$ = $P_{4,5}$ =

 $Pa-Pb = (E_{k_3} - F_{k_3}) + (D_{k_3} - F_{k_3}) + (B_{k_3} - D_{k_4}) + (A_{k_4} - B_{k_5})$ $(C_{k_3} - C_{k_3} - C_{k_3} - C_{k_3} - C_{k_3} - C_{k_4} - C_{k_4}) + (D_{k_3} - D_{k_4}) + (D_{k_4} - D_{k_4})$

 $(\alpha_4 + , \alpha_4 + , \alpha_4 + , \alpha_7 + , \alpha_7 + , \alpha_1 + , \alpha_1) = (0, 1, 1, x, 0, 0, 1) \, \mathcal{OL} \, \frac{1}{2} \\ Pa-Pb = (E_4 - F_{b,4}) + (D_4 - F_{b,2}) + (B_{b,1} - D_{b,1}) + (B_{b,2})$

 $(q_{4} \ , \ q_{4} \ , \ q_{5} \) = (1,0,0,x,1,1,0) \, \mathcal{O} \mathcal{L} \frac{1}{8}$ $P_{3} - P_{4} \) + (B_{4} \ - B_{5} \) + (B_{4} \ - B_{5} \) + (B_{4} \ - B_{5} \)$

(c) (0.6, 0.8, 0.9) (c) (0.6, 0.9) (c) (0.0, 0.8, 1.1, 1)

 $P_{a-P}P = (B_{a_3} - C_{a_3}) + (B_{a_7} - D_{a_7}) + (D_{a_1} - F_{a_1}) + (F_1 - G_4)$ $(c_{14} , c_{15}, c_{14}, c_{14}, c_{15}, c_{15}, c_{11}, c_{1}) = (I_1, I_1, I_2, 0, 0, 0) \otimes \mathcal{E} \overset{?}{\approx} P_a - P_b = (F_{13} - G_{43}) + (B_{23} - F_{12}) + (B_{41} - D_{41}) + (A_1 - B_3)$

 $(G_{44}\ ,\ G_{45}\ ,\ G_{44}\ ,\ G_{41}\ ,\ G_{41}\ ,\ G_{41}\ ,\ G_{41}\ ,\ G_{41}\) = (I_1,I_1,I_1,X_1,0,I_1|) \mathcal{O} \mathcal{L} \frac{3}{8}$ $P_{41}-P_{12}\ \, |+(B_{41}-B_{41})+(B_{41}-B_{41})+(B_{41}-G_{41})$

[0067]

(6) ...

(らつつ、 らもの、 ひゃの、 ひゃつ 、 ひゃつ 、 ひゃつ 、 こり = (1,0,0,x,x,0,0,0)のとき (Gra, Cha, Cha, Cha, Cha, Cha, Cha, Cha) = (1,1,1,x,x,1,1,1)023 (Ch:) Ch4 , Ch4 , Ch4 , Ch1 , Ch2 , Ch1 , Ch) = (0,0,0, x, x, 0,0,0) 0 2 3 (017, 044, 014, 014, 013, 011, 01) = (0,0,0,1,1,0,0,1)のとき (ひょ, ひゃ, ひゃ, ひゃ, ひゅ, ひょ, ひょ, ひ, (0,1,1, x, 1,1,0)のとき (のつ, ひょ, ひょ, ひゃ, ひゅ, ひゅ, ひゅ, い) = (0,1,1,x,x,1,1,1)のとき (ch), Ch4, Ch4, Ch4, Ch3, Ch3, Ch1, C1) = (1,0,0,x,x,0,0,1)0) (617, 014, 015, 014, 011, 012, 011, 01) = (1,1,1,x,x,1,1,0)0 23 $Pa-Pb \ = \ (F_{1-4} - G_{1-4} \) \ + (B_{4-3} - G_{4-3} \) + (G_{4-2} - G_{4-2} \) + (B_{4-1} - G_{4-1} \) + (F_1 - G_4)$ $Pa-Pb = (A_{k+1} - B_{k+1}) + (A_{k+1} - D_{k+1}) + (A_{k+1} - E_{k+2}) + (A_{k+1} - D_{k+1}) + (B_k - C_k)$ $P_{R}-P_{b} = (E_{b+} - F_{b+}) + (D_{b+} - G_{b+}) + (C_{b+} - G_{b+}) + (D_{b+} - G_{b+}) + (E_{b} - F_{b})$ $Pa-Pb = (E_{A-} - F_{L-}) + (D_{A-3} - G_{L-3}) + (C_{L-2} - G_{L-2}) + (D_{L-1} - G_{L-1}) + (F_1 - G_1)$ $Pa-Pb = (B_{k-1} - C_{k-1}) + (A_{k-3} - D_{k-3}) + (A_{k-2} - E_{k-2}) + (A_{k-1} - D_{k-1}) + (B_k - C_k)$ $Pa-Pb \ = \ (B_{k+4} \ -C_{k+4} \) + (A_{k+3} \ -D_{k+3} \) + (A_{k+2} \ -E_{k+2} \) + (A_{k+1} \ -D_{k+1} \) + (A_k -B_k)$ $P_{B}-P_{D} = (F_{k*4} - G_{k*4}) + (D_{k*3} - G_{k*3}) + (G_{k*2} - G_{k*2}) + (D_{k*1} - G_{k*1}) + (E_{k} - F_{k})$ $P_{\rm B} = P_{\rm B} = (A_{k*} - B_{k*}) + (A_{k*3} - D_{k*3}) + (A_{k*2} - E_{k*2}) + (A_{k*1} - D_{k*1}) + (A_1 - B_1)$

[0068] ここで、それぞれの場合について誤り率の 値Pa、 指標を得ることについて考える。Pstdが10である うな状態 ような状態選移では、最光復号結果に,から式(9)を破た すPa-すPa-Pbを求め、その分布から標準偏差。。と平均 50 値Pa、

値Pave,を求める。他方、Pstdが36であるような状態遷移では、最尤俊号結果にから式(10)を満たすPa-Pbを求め、その分布から標準偏差の*と平均50値Pave*を求める。それぞれの分布が正規分布であ

 $P_{3s}(\sigma_{3s}, Pave_{3s}) = erfc(\frac{36 + Pave_{3s}}{\sigma_{3s}})$...(12)

[0071]また、状態遷移のバターンを検出する範囲 ※さらに検出され得る。を1時刻増やし、時刻kー6から時刻kの範囲で2つの [0072]状態遷移列を取り得る状態遷移の組み合わせバターンを [表3]検出する場合には、以下の表3に示される8パターンが※

これ、以下の次3にいられるのパグーノが※2つの遷移列をとりうる最短の状態遷移の組み合わせ

Pa=0のとき -12 -12 -12 -12 -12 -12 -12		復号結果の信頼性 Pa·Pb	性 Pa·Pb
SO _k ·12 S1 _k ·12 S3 _k ·12 S4 _k ·12 S0 _k ·12 S1 _k ·12 S1 _k ·12 S3 _k ·12	状態過移	Pa=0 のとき	Pb=0 のとき
S3k · 12 S3k · 12 S4k · 12 S0k · 12 S1k · 12 S3k · 12	SO _{k·6} → SO _k	-12	+12
S3k · 12 S4k · 12 S0k · 12 S1k · 12 S3k · 12 S4k · 12	$S0_{k\cdot 6} \rightarrow S1_k$	-12	+12
S4h ·12 S0h ·12 S1h ·12 S3h ·12 S4h ·12	$S2_{k\cdot6} \rightarrow S3_k$	-12	+12
SO _k ·12 S1 _k ·12 S3 _k ·12 S4 _k ·12	$S2_{k-6} \rightarrow S4_k$	-12	+12
S3k · 12 S3k · 12 S4k · 12	S5 _{k-6} → S0 _k	-12	+12
S3k ·12 S4k ·12	S5k-6 → S1k	-12	+12
.12	S3k-6 → S3k	-12	+12
	S3k.6 → S4k	.12	+12

【0073】上記式(II)、(I2)と同様に、表3のパターンにおける誤りを起こす確率b. は、式(I3)で示され

5。 [0074]

[数6]

 $P_{12}(\sigma_{12}, Pave_{12}) = erfc(\frac{12 + Pave_{12}}{\sigma_{-}})$...(13)

【0075】ここで重要なのは、信頼性 | Pa − Pb | を再生信号品質の指標として呼適に利用するためには、毀る可能性(設り率)が大きい状態遷移のパターンのみを検出すればよいということである。すなわち、すべての状態遷谷のパターンを検出しなくても、誤り率と相関のある指標を得ることができる。
【0076】ここで、誤る可能性が大きい状態遷移パターンとは、信頼性 | Pa − Pb | の最大値が小さくなるような状態遷移パターンとは、信頼性 | Pa − Pb | の最大値が小さくなるいりな状態遷移パターン (すなわち、パスAとパスBとの絶対距離であるユークリッド距離が最小となるパターン)である。ここでは、表名に示した、PaまたはPb

をとる8つのパターンがこれに該当する。 【0077】再生信号に含まれる雑音のうちホワイトノ イズが支配的であるとすると、P., > P., > P.* とな

のいずれか一方が0の場合においてPa-Pb=±10

ることが予想される。P。のみ1ピットシフトエラーを示し、他のパターンは2ピット以上のシフトエラーを意味する。PRML処理後のエラーパターンを分析する

30 と、ほとんどが、1ビットシフトエラーであるため、P a を用いる式(11)により再生信号の数り率を適切に推定できる。このように、所定の期間に所定の状態運移を取るパターンを検出し、この検出された状態避移における | PaーPb | ーPstdの分布の標準偏差の。。 平均 値Pave a を指標として用いて、再生信号の品質を評価することが可能である。

[0078] 上述のように誤り率は感浄偏差owを用いて予測され得るが、例えば、以下の式(14)で定義されるPRM上誤差指標MLSA (Maximum Likelihood Seque noeAmplitude)を信号品質(観り率)を示す指標として

用いてもよい。 [0079]

\$

[&7] $M = \frac{\sigma_{10}}{2^2 d_{obs}^2} [\%] \cdots (1)$

[0080] ここで、d^{1,13} は、取り得る2つのパスの ユークリッド距離の最小値の2乗であり、本実施形態の 変調符号とPRML方式との組み合わせでは10とな 50 る。なお、上記の指標MLSAは、式(II)における平均

特開2003-141823

Ξ

* 適用される場合についても上記と同様の手順によって誤 り率と相関を持つ指標を得ることができる。 値PavenがOとなるとの仮定のもとに規定されてい る。これは、平均値Pave。は典型的にはOに近い値 をとるものと考えることができ、平均値Paveឆ を考

(1, 2, 1) 等化) が適用される形態について説明す 最小極性反転間隔が2である記録符号が用いられるとと 【0083】以下、上記の形態とは異なる形態として、 もにPR (CO, C1, CO) 等化 (例えば、PR る。なお、C0、C1は任意の正の数である。

[0084] 記録符号 (0または1のいずれか) を以下 のように表記する。

り算出できる数り率BER (BitError Rat

【0081】式(14)で定義した指標MLSAと式(11)よ e) との関係を図16に示す。図2で示した、ジッタと

慮しない場合にも、指標として誤り率との相関性を持つ

ものが得られるからである。

觀り率の関係と同様に、指標MLSAの増加にしたがっ

MLSAを用いて、PRML処理後の誤り率を予想する

ことができることがわかる。

[0085] 2

1時刻前の記録符号: b.-. 現時刻の記録符号 : b, て誤り率が増加していることがわかる。すなわち、指標

【0086】PR (CO, C1, CO) 等化されている場合の 再生信号の理想的な値をLevelvとすると、Lev e 1 v は以下の式(15)で表される。 2時刻前の記録符号: b₁₂

として、PR (1, 2, 2, 1) 等化が適用される場合

C1, C0) 等化 (C0, C1は任意の正の数)の一例

【0082】なお、以上には、一般的な(CO, C1,

[0087] について具体的に説明したが、これ以外の (CO, C

Levelv=C0×b, +C1×b, +C0×b, 1, C1, C0) 等化 (C0, C1は任意の正の数) が*

[0088] [0088] ここでkは時刻を表す整数、vは0~3ま での整数である。また、時刻kでの状態をS(b-1, ,b,)

最小極性反転間隔2とPR (CO, C1, CO) 等化の制約から定まる状態遷移表 とすると以下の表々に示すような状態遷移表が得られ ※

時刻 k-1 での状態		br / Levelv
	S (bk-1, bk)	
		0/0
٠	S (0, 1)	1/c0
	S (1, 1).	1 / C0+C1
	S (1, 0)	0 / C1+C0
	\$ (1, 1)	1 / C0+C1+C0
. ,	S (0, 0)	0/c0

また、これを時間軸に関して展開すると図18に示すト [0090] 簡単のために時刻kでの状態S (0,0)、を 21、状態 S (1,0),を S 3,というように表記する。こ の場合の状態遷移は図17に示す状態遷移図で示され、 801、状態8 (0,1),を811、状態8 (1,1),を8 レリス図が得られる。

★であり、PR (CO, C1, CO) 浄化が用いられているとい う条件の下では、ある時刻の所定の状態から別の時刻の 所定の状態へ選移するときに20の状態**選移**(パスAお よびパスB)を取り得るような状態遷移パターン(状態 の組み合わせ) は扱 5 に示すように 6 通り存在する。

2つの運移をとりうる状態選移と対応するパス [表5] 【0091】ここで、記録符号の最小極性反転間隔が2★

[0092]

状態遷移	パスAの記録符号	パスBの記録符号
	(b_{k-1},\ldots,b_k)	(b_{k-i}, \ldots, b_k)
S0k.3 → S2k	(0,0,0,1,1)	(0,0,1,1,1)
$S2_{k\cdot 3} \rightarrow S0_k$	(1,1,0,0,0,)	(1,1,1,0,0)
S0 _{k·3} → S0 _k	(0,0,0,0,0,0)	(0,0,1,1,0,0)
S2k-8 → S2k	(1,1,0,0,1,1)	(1,1,1,1,1)
30r.4 → S0r	(0,0,1,1,0,0)	(0,0,1,1,0,0,0)
S2k-4 → S2k	(1,1,0,0,0,1,1)	(1,1,1,0,0,1,1)

[0095] 2 では52をとる。この場合、時刻トー2から時刻トまで* **理想的なサンプル値(期待値)と実際のサンプル値との** [0094] 例えば、状態遷移80. → S2.が推定され [0093] ここで、パスAとパスBとのいずれがより 確からしいかが判断される。この判断は、パスAが示す ずれの大きさと、パスBが示す理想的なサンプル値(期 **侍値)と実際のサンプル値とのずれの大きさとを比較す** S2,) , 1,7 であっても時刻k-3では状像SO-3 をとり、時刻k B (50tm 、Sltm S2m, S2m) のいずれを選移した場合 たとすると、パスA (5000、5002、511-1. ることによって行なうことができる。

 $P_{B=} (y_{k-1} - 0)^{2} + (y_{k-1} - C0)^{2} + (y_{k} - (C1 + C2))^{2}$

 $Pb=\ (y_{\nu_2}\ -C0)^2+(y_{\nu_1}\ -(C0+C1))^3+(y_1-(2\times C0+C1))^2$ 【0097】 ここで、Pa<<PbであればパスAの可能性 [9600]

場合を考えると、誤りをもっとも起こしうる状態遷移は 2つのパスを取るものとしては、以下の表6に示す2通 ※【0098】また、白色のノイズが伝送路に重畳された パスAとパスBとのユークリッド距離が最小となるものと 考えられる。このようにユークリッド距離が最小となる りの状態遷移のパターンが挙げられる。 [6600] ಣ 判断することができる。また、|Pa-Pb|の分布に 高いと推定される。すなわち、最小極性反転間隔が2で ある記録符号とPR (CO, C1, CO) 等化を用いた場合に 基づいて再生信号の品質の評価 (戦り率の推定) を行な が高いと推定され、Pa>>PbであればパスBの可能性が おいても、 | PaーPb | を用いて復号結果の信頼性を うことができる。

※ [表6] 3つの遷移をとりうる状態遷移と対応するパス

状態遷移	パスAの記録符号	バスBの記録符号
	(p_{k-1},\ldots,p_k)	(b_{k-i},\ldots,b_k)
S0k·3 → S2k	(0,0,0,1,1)	(0,0,1,1,1)
S2k-3 → S0k	(1,1,0,0,0,)	(1,1,1,0,0)

★まとめると式 (18) が得られる。 数)、表6に示す状態遷移における信頼性Pa-Pbを★30 【0101】 【0100】ここで、復号結果をc,とし (kは整

 $Pa-Pb=(AA_{k-2}-BB_{k-2})+(BB_{k-1}-CC_{k-1})+(CC_k-DD_k)$ (cz 、cr3 、cr3 、cr1 、c1) = (0,0, x, 1, 1)のとき

 $Pa-Pb=(CC_{t-1}-DD_{t-1})+(BB_{t-1}-CC_{t-1})+(AA_{t}-BB_{t})$ (c→ , c→ , c→ , c→ , c₁ , c₁) = (1,1,x,0,0) 0 とき

(B) ::

☆ [0103] 4 [0102] ここで、AA、BB、CG、DA は以下の式で

 $BB_{i} = (y_{i} - C0)^{2}$ 開差σと平均値Paveを求める。分布が正規分布であ -Pb│-(2×C0゚+C1゚)を求め、その分布から標準 [0104] 復号結果こから式 (18) を満たす | Pa $CC_{i} = (y_{i} - (C0+C1))^{2}$ $AA_k = (y_k - 0)^2$

ると仮定すると、誤りを起こす確率は式 (19) で表され る。したがって標準偏差σと平均値Paveより再生信号の 誤り率を推定でき、信号品質の指標とすることができ [0105]

...(19) $P(\sigma, Pave) = erfc(\frac{Pave}{\sigma})$

20

特開2003-141823

(13)

信号y 🕫 から y, までの値との瓷の2 乗の累積値を P a 🥷 生信号y いからy、までの値との差の2乗の累積値をP。 bとすると、累積値Paは以下の式 (16) で表され、累。 乗の異積値によってパスAかパスBのどちらの状態遷移 がより確からしいかが判断される。ここで、パスAが示 す時刻kー2から時刻kまでの期待値のそれぞれと再生 とし、パスBの時刻k-2から時刻kまでの期待値と再 *の期待値と再生信号の値y ** 、 y ** 、 y * との差の2 徴値Pbは以下の式(17)で扱される。

【0106】このようにして、最小極性反転間隔が2で C0) 等化が適用されている場合にも、所定の状態遷移 をとるパスの所定の期間における確からしさの差 | Pa -Pb | に基づいて、再生信号の品質を評価することが **ある記録符号が用いられるとともにPR (C0, C1,** $DD_{k} = (y_{k} - (2 \times C0 + C1))^{2}$

【0107】以下、上記の形態とは異なる形態として、 最小極性反転間隔が2である符号とPR (CO, C1, C2, C1, C0) 等化が適用される形態について説明する。な てきる。

[0108] 記録符号を以下のように表記する。 お、C0、C1、C2は任意の正の数である。

(13)

23

【0110】PR (CO, C1, C2, C1, CO) 等化されてい

* 4時刻前の記録符号: b.

る場合の再生信号の理想的な値をLevelvとする

と、Levelvは以下の式(20)で表される。

での整数である。また、時刻kでの状態をS(b,*), [0113] b,*,b,',b,とすると、以下の表7に示すような状態 ※ [表7] 最小値性反転問題2とP.R (CO, C1, C2, C1, C0) 等化の倒約から定まる状態圏移費

Levelv=C0×b + +C1×b + +C2×b + +C1×b + +C0×b + ... (20)

[0111]

※選移表が得られる。

[0112] ここでkは時刻を表す整数、vは0~8ま

3時刻前の記録符号: bⅳ 2時刻前の記録符号: b.。 1時刻前の記録符号: b.n 現時刻の記録符号 : b, [0109]

(14)

25 2つの遷移をとりうる状態遷移と対応するパス

	状態遷移	パス人の記録符号	パスBの記録符号
		(b_{k-i}, \dots, b_k)	(b_{k-i}, \dots, b_k)
	S0k-5 → S6k	(0,0,0,0,0,1,1,0,0)	(0,0,0,1,1,1,0,0)
I	S0k·s → S5k	(0,0,0,0,0,1,1,1,0)	(0,0,1,1,1,1,0)
	SO _{k·5} → S4 _k	(0,0,0,0,0,1,1,1,1)	(0,0,0,0,1,1,1,1,1)
	S2k·5 → S0k	(0,0,1,1,0,0,0,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,0,0)
	S2k·s → S1k	(0,0,1,1,0,0,0,0,1)	(0,0,1,1,1,0,0,0,1)
	S2k·5 → S2k	(0,0,1,1,0,0,0,1,1)	(0,0,1,1,1,0,0,1,1)
	S3k·5 → S0k	(0,1,1,1,0,0,0,0,0)	(0,1,1,1,1,0,0,0,0)
	1	(0,1,1,1,0,0,0,0,1)	(0,1,1,1,1,0,0,0,1)
	$S3_{k-5} \rightarrow S2_k$	(0,1,1,1,0,0,0,1,1)	(0,1,1,1,1,0,0,1,1)
	S7 _{k-8} → S6 _k	(1,0,0,0,0,1,1,0,0)	(1,0,0,0,1,1,1,0,0)
	$S7_{k\cdot 5} \rightarrow S5_k$	(1,0,0,0,0,1,1,1,0)	(1,0,0,0,1,1,1,1,0)
	1	(1,0,0,0,0,1,1,1,1)	(1,0,0,0,1,1,1,1,1)
	S6 _{k-5} → S6 _k	(1,1,0,0,0,1,1,0,0)	(1,1,0,0,1,1,1,0,0)
L ,,	S6k·6 → S5k	(1,1,0,0,0,1,1,1,0)	(1,1,0,0,1,1,1,1,0)
	S6 _{k-6} → S4 _k		(1,1,0,0,1,1,1,1,1)
	1		(1,1,1,1,1,0,0,0,0)
	↑		(1,1,1,1,1,0,0,0,1)
	S4k·5 → S2k	(1,1,1,1,0,0,0,1,1)	(1,1,1,1,0,0,1,1)
	1	(0,0,0,0,0,0,0,0,0)	(0,0,0,1,1,0,0,0,0)
	$S0_{k-6} \rightarrow S1_k$	(0,0,0,0,0,0,0,0,1)	(0,0,0,0,1,1,0,0,0,1)
	$S0_{k-6} \rightarrow S2_k$	(0,0,0,0,0,0,0,1,1)	(0,0,0,0,1,1,0,0,1,1)
	1	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0)	(0,0,1,1,1,1,1,0,0)
	S2k-6 → S5k	(0,0,1,1,0,0,1,1,1,0)	(0,0,1,1,1,1,1,1,0)
	t	(0,0,1,1,0,0,1,1,1,1)	(0,0,1,1,1,1,1,1,1,1)
	S3k.6 → S6k	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0)	(0,1,1,1,1,1,1,1,0,0)
	1	(0,1,1,1,0,0,1,1,1,0)	(0,1,1,1,1,1,1,1,1,0)
	1	(0,1,1,1,0,0,1,1,1,1)	(0,1,1,1,1,1,1,1,1)
	†	(1,0,0,0,0,0,0,0,0)	(1,0,0,0,1,1,0,0,0,0)
	1	(1,0,0,0,0,0,0,1)	(1,0,0,0,1,1,0,0,0,1)
	1	(1,0,0,0,0,0,0,0,1,1)	(1,0,0,1,1,0,0,1,1)
	î	(1,1,0,0,0,0,0,0,0)	(1,1,0,0,1,1,0,0,0,0)
	1	(1,1,0,0,0,0,0,0,1)	(1,1,0,0,1,1,0,0,0,1)
	î	(1,1,0,0,0,0,0,1,1)	(1,1,0,0,1,1,0,0,1,1)
		(1,1,1,1,0,0,1,1,0,0)	(1,1,1,1,1,1,1,0,0)
	1	(1,1,1,1,0,0,1,1,1,0)	(1,1,1,1,1,1,1,1,0)
_	S4k·6 → S4k	(1,1,1,1,0,0,1,1,1,1)	(1,1,1,1,1,1,1,1,1)

時刻 1-1 での状態	時刻とでの状態	br / LEVELv
S (bk.4, bk.8, bk.2, bk.1)	S (bk.3, bk.3, bk.1, bk)	
S(0,0,0,0)	S(0,0,0,0)	0/0
S(0,0,0,0)	S(0,0,0,1)	1/C0
S(0,0,0,1)	S(0,0,1,1)	1/C0+C1
S(0,0,1,1)	S(0,1,1,0)	0/C1+C2
S(0,0,1,1)	S(0,1,1,1)	1/C0+C1+C2
S(0,1,1,0)	8(1,1,0,0)	0/C1+C2
S(0,1,1,1)	S(1,1,1,0)	0/2*C1+C2
S(0,1,1,1)	S(1,1,1,1)	1/C0+2*C1+C2
S(1,0,0,0)	8(0,0,0,0)	00/0
S(1,0,0,0)	S(0,0,0,1)	1/2*C0
S(1,0,0,1)	S(0,0,1,1)	1/2*C0+C1
S(1,1,0,0)	S(1,0,0,0)	0/C0+C1
S(1,1,0,0)	S(1,0,0,1)	1/2*C0+C1
S(1,1,1,0)	S(1,1,0,0)	0/C0+C1+C2
S(1,1,1,1)	S(1,1,1,0)	0/C0+2*C1+C2
S(1,1,1,1)	S(1,1,1,1)	1/2*C0+2*C1+C2

39 1),を52,、状態S (0,1,1,1),を53,、状態S (1,1, [0114] 簡単のために時刻kでの状態S (0,0,0,0) *をSO1、状態S(0,0,0,1),をS11、状態S(0,0,1, (1,0,0,1),を58,、状態S (0,1,1,0),を59,という ように表記する。この場合の状態遷移は図19に示す状 **膨遷移図で示され、また、これを時間軸に関して展開す** 1,1)、を841、状態8 (1,1,1,0)、を851、状態8 (1, 1,0,0),を561、状態S (1,0,0,0),を571、状態S ると図20に示すトレリス図が得られる。

いるという条件の下では、ある時刻の所定の状態から別 【0115】ここで、記録符号の最小極性反転間隔が2 であり、PR (CO, CI, C2, CI, CO) 等化が用いられて (パスAおよびパスB)を取り得るような状態遷移パタ ーン (状態の組み合わせ) は表8~10に示すように9 の時刻の所定の状態へ遷移するときに2つの状態遷移 0通り存在する。

[0116] [条8]

[条9]

参照2003-141823

82

(12)

22

			(14
	6	(OK-1, 10E)	(0000110000)
t	SOL		1,0,0,0,0
S0k.7 →	$S1_k$	(0,0,0,0,0,1,1,0,0,0,1)	1,0,0,0,0,
→ 1-×0S	S2k	(0,0,0,0,0,1,1,0,0,1,1)	(0,0,0,0,1,1,0,0,0,1,1)
S2k.1 →	₹9S	(0,0,1,1,0,0,1,1,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,1,1,0,0)
1	S5k	(0,0,1,1,0,0,1,1,1,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,1,1,1,0)
t	S4k	(0,0,1,1,0,0,1,1,1,1)	(0,0,1,1,1,0,0,1,1,1,1)
†	S6k	(0,1,1,1,0,0,1,1,0,0)	(0,1,1,1,1,0,0,1,1,0,0)
1	S5k	(0,1,1,1,0,0,1,1,1,1,0)	(0,1,1,1,1,0,0,1,1,1,0)
S3k.1 →	S4r	(0,1,1,1,0,0,1,1,1,1)	(0,1,1,1,1,0,0,1,1,1,1)
t	30r	(1,0,0,0,0,1,1,0,0,0,0)	(1,0,0,0,1,1,0,0,0,0,0)
S7k.7 →	S1k	(1,0,0,0,1,1,0,0,0,1)	(1,0,0,0,1,1,0,0,0,0,1)
î	S2k	(1,0,0,0,1,1,0,0,1,1)	1,0,0,0,1,
P61-1 →	SO _k	(1,1,0,0,0,1,1,0,0,0,0)	
1	$S1_k$	(1,1,0,0,0,1,1,0,0,0,1)	(1,1,0,0,1,1,0,0,0,0,1)
S6k.1 →	S2r	O,	(1,1,0,0,1,1,0,0,0,1,1)
†	S6k	(1,1,1,1,0,0,1,1,1,0,0)	(1,1,1,1,1,0,0,1,1,0,0)
Ť	S5k	(1,1,1,1,0,0,1,1,1,1,0)	(1,1,1,1,1,0,0,1,1,1,0)
S4k-7 →	S4k	(1,1,1,1,0,0,1,1,1,1,1)	(1,1,1,1,0,0,1,1,1,1)
S0₄.8 →	₹0S	(0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0)	(0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0)
S0 _{k-8} →	Slk	(0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1)	(0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1)
SO _{k·8} →	S2k	(0,0,0,0,0,1,1,1,0,0,1,1)	(0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1)
1	Ser	(0,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,0,0)
t '	S5k	(0,0,1,1,0,0,0,1,1,1,0)	(0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0)
S2k-8 →	S4r	(0,0,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1)	(0,0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1)
S3k-8 →	S6k	(0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0)	1,1,0,
S3k-8 →	S5k	1,1,1,0,0,0,1,1,1,1	-i
S3k.8 →	S4k	(0,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,1)	(0,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1)
S7k·8 →	SO _k	(1,0,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0)	(1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0)
S7k·8 →	S1k	(1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1)	(1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1)
S7k·8 →	S2k	(1,0,0,1,1,1,0,0,1,1)	(1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1)
S6k·8 →	SO.	(1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,0)	(1,1,0,0,1,1,1,0,0,0,0,0)
S6k.8 →	S1k	(1,1,0,0,0,1,1,1,0,0,0,1)	(1,1,0,0,1,1,1,0,0,0,0,1)
S6k.8 →	S2k	(1,1,0,0,1,1,1,0,0,1,1)	(1,1,0,0,1,1,1,0,0,0,1,1)
S4r.8 ↑	S6k	(1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0,0)	(1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,0,0)
S4r.8 →	Sők	(1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,1,0)	(1,1,1,1,1,0,0,0,1,1,1,0)
٠ ت	.73	(111110001111)	(1111100011111)

40 【表10】 [0118]

特開2003-141823 (91)

29		30
状態選移	バスAの記録符号	バスBの記録符号
	$(\mathbf{b_{k-i}, \dots, b_{k}})$	(b_{k-i}, \dots, b_k)
SO _{k-9} → SO _k	(0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0)	(0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,0)
S0k.9 → S1k	(0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1)	(0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,1)
S0k.9 → S2k	(0,0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,1)	(0,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1,1)
S2k.9 → S6k	(0,0,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,1,0,0)
S2 _{k-9} → S5 _k	(0,0,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0)
S2k-9 → S4k	(0,0,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1,1)	(0,0,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1)
S3 _{k-9} → S6 _k	(0,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0,0)	(0,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,0,0)
S3k-9 → S5k	(0,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1,0)	(0,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0)
S3k.9 → S4k	(0,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1,1)	(0,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1)
S7k-9 → S0k	(1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0)	(1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,0)
S7k.9 → S1k	(1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1)	(1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,1)
S7k-9 → S2k	(1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,1,1)	(1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1,1)
S6k-9 → S0k	(1,1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0)	(1,1,0,0,1,1,1,1,0,0,0,0,0)
S6k.9 → S1k	(1,1,0,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1)	(1,1,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1)
S6k.9 → S2k	(1,1,0,0,1,1,1,1,0,0,1,1)	(1,1,0,0,1,1,1,1,0,0,0,1,1)
S4k.9 → S6k	(1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0,0)	(1,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,0,0)
S4k.9 → S5k	(1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1,0)	(1,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,0)
S4k.9 → S4k	(1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1,1)	(1,1,1,1,1,0,0,0,0,1,1,1,1)

らの状態遷移がより確からしいかが判断される。パスA は56、をとることから、時刻kー4から時刻kまでの再 生信号の値、タ トロ 、 y トロ 、 y トロ 、 y ト と期待 *あっても時刻k-5では状御SO。 をとり、時刻kで 値との差の2乗の累積値によってパスAかパスBのどち [0119] なお、表8~10は便宜上3つの表に分け [0120] ここで、パスAとパスBとのいずれがより られているが、1つの表にまとめられても良い。

【0121】例えば、状態遷移SO_{1・3} → S6, が推定さ **理想的なサンプル値(期待値)と実際のサンプル値との** ずれの大きさと、パスBが示す理想的なサンプル値(期 **侍値) と実際のサンプル値とのずれの大きさとを比較す** 確からしいかが判断される。この判断は、パスAが示す ることによって行なうことができる。

界積値をPbとすると、累積値Paは以下の式 (21) で

30 表され、累積値Pbは以下の式(22)で表される。

における期待値と実際の値との差の2乗の累積値をPa とし、パスBにおける期待値と実際の値との差の2乗の

 $P\ a = \ (y_{1:4}\ -0)^2 + (y_{1:3}\ -C0)^2 + (y_{1:2}\ -(C0+C1))^2 + (y_{1:1}\ -(C0+C1+C2))^2 + ($ [0122] れたとすると、パスA、パスBの何れを遷移した場合で* $y_1 - (2 \times C1 + C2)^2$ [0123]

 $Pb = (y_{t+1} - C0)^2 + (y_{t+1} - (C0+C1))^2 + (y_{t+1} - (C0+C1+C2))^2 + (y_{t+1} - (C0+2\times C1+C2))^2 + (y_{t+1} - (C0+2\times C1+C2))^2 + (y_{t+1} - (C0+C1+C2))^2 + (y_{t+1} - (C0+C1+C$ C1+C2)² + (y₁ - $(C0+2\times C1+C2)$)²

である符号とPR (CO, C1, C2, C1, CO) 等化を用いた 場合においても | Pa-Pb | を用いて復号結果の信頼 が高いと推定される。すなわち、最小極性反転間隔が2 性を判断することができる。また、 | Pa-Pb | の分 布に基づいて再生信号の品質の評価 (観り率の推定)を が高いと推定され、Pa>>Pbであれば、パスBの可能性 【0124】ここでPa<<Pbであれば、パスAの可能性

行なうことができる。

【0125】白色のノイズが伝送路に重畳された場合を であり、以下の表11に示す16通りの状態遷移が挙げ 考えると、誤りをもっとも超こしうる状態遷移はパスA とパスBのユークリッド距離が最小となるものとなるの

[0126] [表11] 5115.

ユークリッド距離が最小となる遷移と対応するパス

状態遷移	パスAの記録符号	パスBの記録符号
	(b_{k-i}, \dots, b_k)	(b _{k-i} ,,b _k)
SO _{k·6} → S6 _k	(0,0,0,0,0,1,1,0,0)	(0,0,0,0,1,1,1,0,0)
S0k-6 → S5k	(0,0,0,0,0,1,1,1,0)	(0,0,0,0,1,1,1,0)
S0k-5 → S4k	(0,0,0,0,0,1,1,1,1)	(0,0,0,0,1,1,1,1,1)
S2k-6 → S0k	(0,0,0,0,0,0,0,0)	(0,0,1,1,1,0,0,0,0)
S2k·6 → S1k	(0,0,1,1,0,0,0,1)	(0,0,1,1,1,0,0,0,1)
S2k.6 → S2k	(0,0,1,1,0,0,0,1,1)	(0,0,1,1,1,0,0,1,1)
S3k-6 → S0k	(0,1,1,1,0,0,0,0,0)	(0,1,1,1,1,0,0,0,0)
S3k.6 → S1k	(0,1,1,1,0,0,0,0,1)	(0,1,1,1,1,0,0,0,1)
S3k.6 → S2k	(0,1,1,1,0,0,0,1,1)	(0,1,1,1,1,0,0,1,1)
S7k.6 → S6k	(1,0,0,0,0,1,1,0,0)	(1,0,0,0,1,1,1,0,0)
32V → 3·47S	(1,0,0,0,0,1,1,1,0)	(1,0,0,0,1,1,1,0)
$S7_{k\cdot \delta} \rightarrow S4_k$	(1,0,0,0,0,1,1,1,1)	(1,0,0,0,1,1,1,1)
S6k.5 → S6k	(1,1,0,0,0,1,1,0,0)	(1,1,0,0,1,1,1,0,0)
S6 _{k-5} → S5 _k	(1,1,0,0,0,1,1,1,0)	(1,1,0,0,1,1,1,0)
S6k-5 → S4k	(1,1,0,0,0,1,1,1,1)	(1,1,0,0,1,1,1,1,1)
$S4_{k \cdot 6} \rightarrow S0_k$	(1,1,1,1,0,0,0,0,0)	(1,1,1,1,1,0,0,0,0)
S4k·6 → S1k	(1,1,1,1,0,0,0,0,1)	(1,1,1,1,0,0,0,1)
$S4_{k\cdot \delta} \rightarrow S2_k$	(1,1,1,0,0,0,1,1)	(1,1,1,1,1,0,0,1,1)

1 6

特限2003-141823

(B)

33

0)のとき

 $P_{3}-P_{b}=(FF_{b+}-GG_{b+})+(EE_{b+}-GG_{b+})+(CG_{b+}-EE_{b+})+(BB_{b+})-CC$

* る염鎖性 P a - P b をまとめると式 (23) が得られる。 [0128] をc、とし(kは整数)、表11に示す状態遷移におけ * 【0127】上記16通りの状態圏移のときの復号結果

 $Pa-Pb=(AA_{k+1}-BB_{k+1})+(BB_{k+1}-CC_{k+1})+(CC_{k+2}-EE_{k+2})+(EE_{k+1}-GG_{k+1}-GG_{k+1})$ $Pa - Pb = (AA_{14} - BB_{14}) + (BB_{13} - CC_{13}) + (CC_{12} - EE_{12}) + (EE_{11} - GC_{12})$ Pa-Pb= (DD₄₋₁ -EE₄₋₁) + (DD₄₋₁ -FF₄₋₁) + (CC₄₋₂ -EE₄₋₂) + (BB₄₋₁ -CC $Pa-Pb=(DD_{*4}-EE_{*4})+(DD_{*3}-FF_{*3})+(CC_{*2}-EE_{*2})+(BB_{*1}-CC$ Pa-Pb= (AAr+ -BB+) + (BB+ -CC+) + (CC+ -EE+) + (DD+ -FF (G14 , C1-7 , C1-5 , C1-3 , C1-3 , C1-2 , C1-1 , C1) = (0,0,0,0,x,1,1,1,1, $P_{a} - P_{b^{-}}$ ($D_{b_{*+}}$ - EE_{*+}) + ($D_{b_{*+}}$ - $FF_{b_{*3}}$) + ($CC_{b_{*+}}$ - $EE_{b_{*+}}$) + ($IIII_{b_{*+}}$ - II $(c_{i+1} \ , \ c_{i+1} \ , \ c_{i+2} \ , \ c_{i+3} \ , \ c_{i+2} \ , \ c_{i+1} \ , \ c_{i}) = (0,0,0,0,x,1,1,0,$ (G.4 , C.7 , C.4 , C.4 , C.4 , C.2 , C.1 , C,) = (0,0,1,1,x,0,0,0, (644 , Ck7 , Ck4 , Ck4 , Ck4 , Ck2 , Ck1 , Ck) = (0,0,1,1,x,0,0,0,0, 11 + (DD, -EE,) 1 + (00, -11,) 11) + (FF, -GG, (1fr - 100) + (11) r:) + (AA -BB,) 11) + (BB, -IIII,) ののとき ののとき 1)のとき 0)のとき 1)のとき

Pa-Pb= (CC., -II,) + (III, -II,) + (CC., -EE,) + (EE., -G (Che , Ch7 , Ch4 , Ch4 , Ch4 , Ch3 , Ch2 , Ch1 , Ch) = (0, 1, 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 0, (6.4 , 6.7 , 6.4 , 6.4 , 6.4 , 6.4 , 6.1 , 6.1 , 6.1 , 1, 1, 1, 1, 1, 0, 0, 1, $Pa-Pb=(FF_{t+1}-GG_{t+1})+(EE_{t+1}-GG_{t+1})+(GG_{t+2}-EE_{t+2})+(HM_{t+1}-II)$ Pa-Pb= (BBt- -Hflt-) + (BBt- -CCt-) + (CCt- -EEt-) + (DD- -FF Pa-Pb= (BB₄₊ -HH₄₊) + (BB₄₊ -CC₄₊) + (CC₄₊ -EE₄₊) + (EE₄₊ -GG Pa-Pb= (BB₁₋₁ -IIII₁₋₁) + (BB₁₋₁ -CC₁₋₁) + (CC₁₋₂ -EE₁₋₂) + (EE₁₋₁ -GC (che , Chr , Che , Che , Che , Che , Chr , Chr , Ch , Ch) = (1,1,0,0,x,1,1,0, $P_{a}-P_{b}=(CC_{a_{1}}-II_{b_{2}})+(HH_{b_{1}}-II_{b_{2}})+(CC_{a_{2}}-EE_{b_{1}})+(DD_{c_{1}}-FF$ (C14 , C1-1 , C1-4 , C1-4 , C1-1 , C1-1 , C1-1 , C1) = (1,1,0,0,x,1,1,1,1, Pa-Pb= (CC., -III-,) + (HM-, -III-,) + (CC., -EE,,) + (EE., -G6 $(c_{i+1}\ ,\ c_{i+1}\ ,\ l_{i+1},l_{i+1},l_{i+1})$ $(c_{i+1}\ ,\ c_{i+1}\ ,\ c_{i+4}\ ,\ c_{i+4}\ ,\ c_{i+3}\ ,\ c_{i+1}\ ,\ c_{k})\ =\ (1,1,1,1,1,x,\theta,\theta,0,\theta,$ Pa-Pb= (GG-4 -JJ-4) + (EE-4 -GG-3) + (CC-2 -EE-2) + (BB-1 -CC $Pa-Pb=(GG_{14}-JJ_{14})+(EE_{13}-GG_{13})+(GC_{12}-EE_{12})+(BB_{11}-GC$ (G14 , C17 , C14 , C14 , C14 , C13 , C12 , C11 , C3) = (0,1,1,1,1,1,0,0,1, $Pa-Pb=(GG_{rs}-J)_{ls}$) + ($EE_{ss}-GG_{rs}$) + ($CC_{rs}-EE_{rs}$) + ($IIII_{ss}-II$ (CH4 , CH2 , CH4 , CH4 , CH4 , CH3 , CH1 , CL) = (1,0,0,0,x,1,1,0, $Pa-Pb=(FF_{t+1}-GG_{t+2})+(EE_{t+2}-GG_{t+3})+(CG_{t+2}-EE_{t+2})+(BB_{t+1})$ (cc - JJ,) F:) + (AA₁ -BB₁) 11) + (BB, -IH,) 11 + (CC, -11,) F1) + (DD, -EE,) FF - GG) 1 (CG, -JJ,) -1) + (DD, -EE,) FF - GG, ..) + (AAt -BBt) -) + (BB, -HIL) 1 + (00, -11, 0)のとき 1)のとき 1)のとき 0)のとき 1)のとき 1)のとき 0)のとき ののとき 1)のとき 0)のとき 1)のとき

[0130] 23 [0129] LTT, AA, BB, CG, DD, EE, FF. GG、HL、II、JJ.は以下の式で表される。

(G14 , G17 , G14 , G14 , G13 , G12 , G11 , G1) = (0,1,1,1,1,0,0,0,0,

... (23)

特限2003-141823 (18)

 $DD_{i} = (y_{i} - (C1+C2))^{2}$ $FF_1 = (y_1 - (2 \times C1 + C2))$ $BB_1 = (y_1 - C0)^2$ $EE_{k} = (y_{k} - (C0+C1+C2))^{2}$ $CC_s = (y_s - (C0+C1))^2$, $AA_k = (y_k - 0)^2.$

 $H_{1} = (y_{1} - 2 \times 00)$ $GG_1 = (y_1 - (C0+2 \times C1 + C2))$ $II_i = (y_i - (2 \times C0 + C1))$

 $JJ_{1} = (y_{1} - (2 \times C0 + 2 \times C1 + C2))^{2}$ 0131] 復号結果c,から式 (23) をみたす | Pa

布から標準偏差σと平均値Paveを求める。この分布 が正規分布であると仮定すると、誤りを起こす確率は式 -Pb | - (2×c0³ +2×c1³ +c2³)を求め、その分

[0132]

(24) で表される。したがって標準偏差σと平均値Pave*10

[0133] このようにして、最小極性反転間隔が2で ある記録符号が用いられるとともにPR (CO, C1, $P(\sigma, \text{Pave}) = \operatorname{crfc}(\frac{\text{Pave}}{\sigma})$

定の状態遷移をとるパスの所定の期間における確からし さの差 | PaーPb | に基づいて、再生信号の品質を評

価することができる。

11 C2, C1, C0) 等化が適用されている場合にも、所

20 (1, 2, 2, 1) 等化を用いるPRML方式によって 復号を行なう場合における各状態の確からしさ、および 復号の信頼性Pa-Pbを計算する方法の具体例につい [0134] (実施形態2)以下、上記に示したPR て詳細に説明する。

+3);) は常に1/2されるとともにy; /2が減算 されるものとする。なおPRML方式では、上述のL

> 8 お、以下の式における演算子min[xxx,zzz]は、xxxとzzz 【0135】前述のように、PR (1, 2, 2, 1) 等 化を用いる場合、図4に示すようなトレリス線図が得ら れる。ここで、各状態SO~S5の時刻kでの確からしさL" へL"は、以下に示すように時刻k-1での所定 の状態の確からしさし。~し、。と、時刻なの実際の サンブル値がとを用いて以下の式(25)で表される。な とのうちのいずれか小さい方を選択するものとする。

 $= \min[1_{A_1} \xrightarrow{S} + (y_1 + 3)^2 / 2 - y_1^2 / 2, L_{A_1} \xrightarrow{S} + (y_1 + 2)^2 / 2 - y_1^2 / 2]$ $= \min[L_{A_1} \xrightarrow{S} + (y_1 + 2)^2 / 2 - y_1^2 / 2, L_{A_1} \xrightarrow{S} + (y_1 + 1)^2 / 2 - y_1^2 / 2]$ $= L_{A_1} \xrightarrow{1} + (y_1 + 0)^2 / 2 - y_1^2 / 2$

[0138]

= $\min[L_{k^{-1}}^{13} + (y_1 - 3)^2/2 - y_1^2/2$, $L_{k^{+1}}^{13} + (y_1 - 2)^2/2 - y_1^2/2$] = $\min[L_{k^{+1}}^{13} + (y_1 - 2)^2/2 - y_1^2/2$, $L_{k^{+1}}^{23} + (y_1 - 1)^2/2 - y_1^2/2$]

3 + (y, +0)2/2-y,2/2 Ë

【0139】この式(26)を展開すると、下記の式(27)が 40★【0140】

 $min[L_{k+1} - 3y_k + 9/2], L_{k+1} - 2y_k + 2]$ = $min[L_{k+1} - 3y_k + 2], L_{k+1} - y_k + 1/2]$ $= \min[|_{A_1} |_{M_1} + 3y_1 + 9/2, |_{A_1} |_{M_2} + 2y_1 + 2]$ $= \min[|_{A_1} |_{M_2} + 3y_1 + 9/2, |_{A_2} |_{A_1} |_{M_2} + y_1 + 1/2]$ и П-1

50 $A_1 = 3y_1 + 9/2 = (y_1 - th4) + (y_1 - th5) + (y_1 - th6)$...(22) [0142] [0141] ここで、Ar、Br、Cr、Er、Fr、Grを 以下のように定義する。

* より再生信号の誤り率を推定でき、信号品質を評価する $\min\{L_{k-1}^{s\, o}+(y_k+3)^2$, $L_{k-1}^{s\, o}+(y_k+2)^2$] $L_{k}^{11} = \min[L_{k-1}^{10} + (y_{1} + 2)^{2}, L_{k-1}^{10} + (y_{1} + 1)^{2}]$ ことができる。

【0146】例えば、実施形態1で説明したように、P R (1, 2, 2, 1) 等化が適用されている場合、ユー クリッド距離が最小となるパスAおよびパスBについて PaーPbを求めることが望ましい。 すなわち、表2に 示した状態遷移のうち、Pa=0またはPb=0のとき にPaーPbが±10をとる8通りの状態遷移が生じて できる。以下、Pa-Pbの水め方を具体的に説明す いる場合にPaーPbを求めることが望ましい。 影響が及ぶことはない。その結果、各状態50~55の [0137] 本実施形態では、時刻k-1での確からし さし、 に加算されるプランチメトリック (例えば (y, ~4.5 を互いに比較して値が小さくなるものを選択でき を求める全ての式について適用した場合には復号結果に 時刻k での確からしさし。~ L。 は以下の式(26) で表さ れば良いことから、上記のような計算規則をL。~L。

i → S4.の題移についてPaーPbを求める場合につ いて説明する。この場合、パスAは、S0→S0→S1 →S2→S4を題移し、パスBは、S0→S1→S2→ パスBの確からしさPbは(yぃ +2)*/2+(y い +0)*/2+(yぃ -2)*/2+(y・-2)*/ n +0) 1/2+ (y1-1) 1/2で表される。また、 S 3→S4を選移する。このときパスAの確からしさP 【0147】例えば、上記8通りの状態遷移のうち50 a は (y 14 + 3) 2 + (y 14 + 2) 2 + (y

用いて表すことが可能である。具体的には、PaーPb で求められるA、~G、を用いて表されるため、2乗の資 算などを行なう必要がなく、比較的容易に求めることが 【0148】このとき、Pa−Pbは上述のAi~Giを = (Ata ーBta)+Bta ーFta + (EtーFt) で教 できる。従って、回路構成を複雑にしないですむという は、サンプル値y, と設定値th1~th6との単純な加域算 される。このように本実施形態によれば、PaーPb

4に出力される。

20 のPa-Pbも同様に、上記のA1~G1を用いて表すこ 【0149】なお、上記には脳移SOL → SALについて のPa-Pbの求め方を説明したが、他の遷移について

利点が得られる。

特開2003-141823 Pa-Pb= (At -Bt) +Bt -Ft + (F) 【0150】状極温移S0" →S3,の結合、 とが可能である。以下にこれらの例を示す。 (30)

Pa-Pb= (Em -Fm) -Fm +Bm + (An 状髄脳移 S 2 1.1 → S 01の協合、

Pa-Pb= (Em -Fm) -Fm + Bm + (Bi 状態遷移 S 21 → S 11の場合、 (¹0 9

Pa-Pb= (Bts -Cts) +Bts -Fts + (Et 状態題移S 514 →S 41の場合、 -F.

乗の計算を行なわずとも、A1~G1に示されるような単 純な乗算および加算によって確からしさし。~し。を求

,が検出された場合に、理想値とサンプル値との差の2

めることが可能である。従って、回路構成を複雑にせず

従って求めるようにしておけば、時刻kでサンプル値y

|0144||このようにしてい。~ 4 上記(27)式に

2, th5=-3/2, th6=-5/2を満たすものとする,

[0143] なお、th1=5/2, th2=3/2, th3=1/2, th4=-1/

 $G_{s} = -3y_{s} + 9/2 = (th3 - y_{s}) + (th2 - y_{s}) + (th1 - y_{s})$

 $F_1 = -2y_1 + 2 = (th3 - y_1) + (th2 - y_1)$

 $E_1 = -y_1 + 1/2 = (th3 - y_1)$ $C_1 = y_1 + 1/2 = (y_1 - th4)$

 $B_k = 2y_k + 2 = (y_k - th4) + (y_k - th5)$

Pa-Pb = (B13 -C13) +B12 -F14 + (F1 状態題移S514 →S31の場合、

> [0145] さらに実施形態1で説明したように、2つ の取り得る状態遷移列(パスAおよびパスB)の確から しさの差 | PaーPb | を求めることで信号品質を評価 することが可能であるが、このPaーPbを求める計算

に済むという利点が得られる。

Pa-Pb= (Fig -Gig) -Fig +Big + (A) 状骸遷移 S 31、 → S 0, の場合、 (j -

状態圏移 S 31 → S 11の場合、

-B1)

も2乗の計算を含まない比較的簡単なものとすることが

2

Pa-Pb= (Fin -Gin) -Fin + Bin + (Bi

ら、PRML方式で再生信号の復号を行なう光ディスク [0151] (実施形態3)以下、図7を参照しなが 装置100を説明する。

される。AGC10では後段の波形等化器11の出力が 形整形される。被形整形された再生信号は、PLL回路 【0152】光ディスク装置100において、光ディス ク8から光ヘッド50によって読み出された再生信号は プリアンプ9によって増幅され、ACカップリングされ 所定の振幅となるようゲインが調整される。AGC10 から出力された再生信号は、波形等化器11によって波 たのちAGC(automatic gain controller) 1 0に入力 12とA/D変換器13とに出力される。

ಜ

【0153】PLL回路12は再生信号に同期する再生 クロックを生成する。なお、このPLL回路12は、図 1に示した従来のPLL回路(位相比較器5、LPF6 およびVCO7で構成される回路)と同様の構成を有し **2から出力された再生クロックと同期して再生信号のサ** ていて良い。また、A/D変換器13は、PLL回路1 ンプリングを行なう。このようにして得られたサンプリ ングデータはA/D変換器13からデジタルフィルタ1 49

[0154] デジタルフィルタ14は、記録再生系の周 では P R (1, 2, 2, 1) 等化特性) となるように設定された周 れたデータは、最尤復号を行なうピタビ回路15に入力 **仮数特性をもつ。このデジタルフィルタ14から出力さ** 信号を最尤復号方式で復号することによって2値化デー 改数特性がピタビ回路15の想定する特性(本実施形態 される。ビタビ回路15は、PR(1,2,2,1)等化された

(2)

タを出力する。

する。図8は、ビタビ回路15および差分メトリック解* [0156] 以下、図8を参照しながら、ピタビ回路1 ビタビ回路15から得られた2値化データから状態圏移 を判別し、この判別結果とブランチメトリックとによっ て復号結果の信頼性を示すPaーPbを求める。これに 5および差分メトリック解析器16について詳細に説明 2 値化データとともに、時刻ごとのユークリッド距離の 計算結果(ブランチメトリック)が、差分メトリック解析 【0155】また、ピタビ回路15からは、復号された 器16へと出力される。差分メトリック解析器16は、 よって復号結果の割り率を推定することができる。

 $E_{1} = (y_{1} - 4)^{2}$, $F_{1} = (y_{1} - 5)^{2}$, $G_{1} = (y_{1} - 6)^{2}$ $A_k = (y_k - 0)^2$, $B_k = (y_k - 1)^2$, $C_k = (y_k - 2)^2$

[0158] このようにして計算されたプランチメトリ ックは、加算/比較/選択回路18に入力される。入力 された時刻 k でのブランチメトリックと時刻 k - 1 での 各状態の確からしさ(メトリック値)とから、時刻トで る。各状態の確からしさは式(29)で表される。 なお、mi n[xxx,zzz]は、xxxまたはzzzのうちの小さい方の値を選 の各状態50~55 (図4参照)の確からしさが状ま 択する関数である。

=min[La., ** + Aa , La., ** + Ba La *1 =min[La .. *0 + Ba , La .. 1 + C. =min[La., ** + G., La., ** + R. =min[Li., ** + Fi , Li., ** + Bi La. 11 + D. L. . . . + D. 0159 13 : -1

. تـ <u>-</u> ڏ <u>آ۔</u> ۷ آ ۷ <u>آ۔</u> ۷ <u>-</u> Ĕ 【0160】時刻kでのメトリック値L, <u>.</u>

推定することができ、この推定された状態遷移列に対応 基づいて状態圏移則に従う最も確からしい状態圏移列を

[0163] 一方、再生信号の品質の評価を行なうため 較/選択回路18およびパスメモリ20における信号処 ランチメトリックは遅延回路21に入力され、加算/比 理時間分だけ遅延された後に差分メトリック演算器22 に出力される。また、パスメモリ20から出力された2 に、プランチメトリック演算回路17から出力されたプ

は0~6までの7つの値を持つ。時刻とにおける、それ 析器16の構成を示す。 デジタルフィルタ14から出力 の距離に相当するブランチメトリックが計算される。P R(1,2,2,1) 等化が用いられているため、期待値levelv メトリックAi、Bi、Ci、Di、Ei、Fi、Giのそれ ク演算回路17では、サンプル値 y,と期待値levelvと ぞれの期待値とサンプル値y、との距離を表すブランチ されたサンブル値 y. は、ビタビ回路 15のブランチメ

[0157]

 $, D_{k} = (y_{k} - 3)^{2},$

※ジスタ19に格納され、つぎの時刻k+1での各状態の

[0161]

ಜ

: Sell ='0' : Se10 =' 0' Sel2 = 1 Sel3 =' 1' Se12 = 0' Sel3 ='0'

分メトリック演算器22は、状態遷移検出器23が所定 **遷移に対応するデータパターンの検出が行なわれる。** 差 おいて2値化データの所定のパターンの検出が行なわれ る。具体的には、上述の式(9)に示される8通りの状態 [0162] パスメモリ20は、入力された制御信号に する2値化データc.を出力する。

P b は、プランチメトリック演算回路17で計算される たような2乗の演算を含まないような計算方法で求める ことも可能である。実施形態2の方法によれば、Paー その検出された状態遷移についてのPaーPbを計算す 【0164】なお、Pa-Pbは、実施形態2で説明し の状態遷移を検出したときに、上述の式(9)に従って、 20 値化デークのは状態遷移検出器23に入力され、ここに

トリック資算回路17に入力される。ブランチメトリッ ぞれは下記の式(28)で規定される。

式(29)に従ってメトリック値が最小となる状態圏移を選 に基づいて制御信号Se10~Se13を、図9に示す回路構成 択するとともに、下記の式 (30)に示すように選択結果 メトリック値の演算に用いられる。また、回路18は、 を有するパスメモリ20に出力する。

た標準偏差、平均値は、誤り率と相関のある再生信号品

質を示す指標として用いられる。なお、上述したよう

る。すなわち、平均値/標準偏差演算器24から得られ

準偏差 0.10 から再生信号の誤り率を推定することができ

avenをゼロと見なして誤り率を求めるようにしても

に、平均値がゼロに近い値を取ると予想されるため、

装置100について説明したが、光ディスク装置は、図 めに適切な等化特性を有する波形等化器B28をさらに 10に示すようにPLL回路におけるクロック再生のた [0166] 以上、図りに示す構成を有する光ディスク 備えるような構成を有していても良い。この場合にも、

できる指標である。

6,843号に記載されている。本明細書においてこの 平均値を求めることができ、これにより再生信号の品質 を評価することができる。また、このようにクロック再 生に適した故形整形を行なう故形等化器と、PRML復 号方式に適した被形整形を行なう被形等化器とを別個に 散けることで、好ましい再生クロック信号を生成できる とともに、PRML方式での復号の正確性を向上させる ことが可能である。なお、このような2以上の被形等化 器を用いる光ディスク装置は、本願出顧人と同一の出顧 図7に示した光ディスク装置100と同様に標準偏差、 人によって出願された米国特許出願番号第09/99

るようにしてもよい。この場合にも、図1に示した光デ とができ、これにより再生信号の品質を評価することが 【0167】また、図11に示すように、A/D変換器 13の出力(デジタル信号)から再生クロックを生成す イスク装置100と同様に標準偏差、平均値を求めるこ

16から出力されるPaーPbの分布の標準偏差の、平 【0168】また、上述のように差分メトリック解析器

ト探査手段291が、所定目標値X0としてPRML設

23

特開2003-141823

(55)

ブランチメトリックを用いることなく求められ得る。従 って、このような場合には、ディジタルフィルタ14か て直接的に差分メトリック演算器22に入力するような では、実施形態2で説明したような方法に従って、サン

ら出力されたサンプル値y,を遅延回路21のみを介し

回路構成を採用すればよい。 差分メトリック演算器22

るいは、標準偏差が最小となるように波形等化器11のễ 周波数特性を変化することで再生信号品質を改善するこ。 に、周波数格性制御手段29を用いて、甍分メトリック。 力される平均値が0となるように、あるいは標準偏差が 最小となるように、記録パワーや記録補償盘を制御する 均値Paveを指標として用いて再生信号の品質を評価 することができるが、この指標 (標準偏差 o および平均 値Pave)に基づいて再生信号品質を改善する制御を 解析器16から出力される平均値が0となるように、あ とができる。また、情報を記録することが可能な光ディ スク装置においては、差分メトリック解析器16から出 ことによって記録パラメータの最適化を行うことができ 行なうことも可能である。例えば、図12に示すよう 9

[0165] このようにして計算された、検出された所

プル値y、からPaーPbが求められ得る。

単偏差演算器24に入力される。平均値/標準偏差演算 器24は入力されたPaーPbの分布の平均値と標準偏

定の状態題移についての Baー Bpの値は、平均値/感

差を求め、これらの2つの値(すなわち、平均値Pav e io および標準偏差 o io を出力する。なお、ここで出

力される平均値Pave u および標準偏差 o u は、2つ

のパスのユークリッド距離が最小値をとる(すなわち、

パスを悶る可能性が高い)所定の状態遷移についての値 である。式(11)に基乙いて、平均値Pave 14 および標

[0169] (実施形態4) 次に、図13を参照しなが ら本発明の実施形態4にかかる光ディスク装置を説明す

60は、上述の式(14)によって規定されるPRML 製差 指標MLSA (M=σ/2・d。") を出力するように 最も確からしい状態遷移列と再生信号との標準偏差 (平 【0170】本実施形態では、差分メトリック解析器1 均二乗闘堯)oを、当該状態遷移列と2番目に確からし い状態題移列とのユークリッド距離で除算することによ って求められる。PRML観差指標MLSAは、PRM しを用いた場合の再生信号品質を好適に評価することが 構成されている。なお、PRML誤差指標MLSAは、

【0171】差分メトリック解析器160から出力され る製差指標MLSAは、周波数特性制御手段290に供 給される。周波数特性制御手段290は、この誤差指標 MLSAが最小になるように、故形等化器の特性(例え ントにおけるPRML 蝦差指標MLSAを比較して、よ このような動作を繰り返すことにより波形等化器の特性 が最適化され、PRML觀差指標MLSAを最小値に収 例えば、ブースト盘を微少盘変化させ、変化前後のポイ ば、ブースト母やブースト中心周波数)を最適化する。 りMLSAが小さくなるほうのブースト畳を選択する。 束させることができる。

オーカスアクチュエータ (不図示) をフィードバック制 [0172] また、図14に示すように、整分メトリッ ク解析器160によって生成されたPRML観差指標M LSAを、フォーカスオフセット探査手段291に供給 するようにしてもよい。信号再生時、光ヘッド50が出 射するピームスポットが常に光ディスク8の情報記録面 付近を走査し得るようにフォーカスサーボ制御が行なわ れる。このフォーカスサーボ制御は、サーボアンプ91 によって検出されたフォーカス観差信号が、引算器92 を介して所定目標値X0になるように光ヘッド50のフ **御することで実行される。ここで、フォーカスオフセッ**

\$

米国特許出願番号第09/996, 843号を提用す

特開2003-141823

(23)

は、例えば、上記目標値X0を微少変化させたときのP RML設差指標MLSAの変化を検出および比較すれば 差指標MLSAを最小とするような目標値X0を引算器 92に対して出力するようにすれば、PRML觀差指標 MLSAが最小となるような(すなわち、観り率が最小 る。なお、このような目標値X0の探査を行なうために となるような)フォーカスサーボ制御を行うことができ

[0173] なお、本実施の形態では、PRML 誤差指 標MLSA を用いてフォーカス目標値を最適化してい るが、本発明は他のサーボ目標値の最適化にも応用する いて、例えば、トラッキングサーボ、ディスクチルト制 ことができる。上記のPRML製造指標MLSA を用 **御、レンズ球面収差補正制御等を行うことが可能であ**

8 [0174] さらに、図15に示すように、信号再生用 い。光ディスクに記録するべき信号は、記録信号生成手 ワーPと上記記録信号とを掛け合わせて光ヘッド51に 制御手段292に供給することで、記録パワー制御手段 光ヘッド50および信号記録用光ヘッド51の2種類の 光ヘッドを備える光ディスク装置において、差分メトリ 段103によって変調器102を介して信号記録用光へ ッド51に供給される。変調器102は、適当な記録パ 供給する。このとき、差分メトリック解析器160によ 292は、PRML誤差指標MLSAが最小になるよう ック解析器160から出力されるPRML誤差指標ML って生成された P R M L 誤差指標M L S A を記録パワー SAを用いて、記録パワーを制御するようにしてもよ に上記記録パワーPを決定することができる。

39 [0175] なお、図15に示す光ディスク装置は、記 て行っているが、10のヘッドの機能を記録と再生との が、PRML設差指標MLSAに基づいて記録パルスの 録動作および再生動作のそれぞれを別々のヘッドを用い 間で切り替え、上記の各動作を実行するようにしてもよ い。また、上記には、記録パワーを制御する例を示した 幅や位相を制御するような構成としてもよい。 [0176]

9 **遷移列を推定する最尤復号方式において、時刻kーjで** -クリッド距離の累積値)をPaとし、2番目に確から しい状態遷移列の時刻kーjでの状態から時刻kの状態 ば、n 通りの状態遷移列のうちから最も確からしい状態 の状態から時刻kでの状態に至るまでの所定期間におけ る状態遷移の確からしさ(例えば、所定期間におけるユ 値)をPbとするとき、時刻k-jから時刻kまでの復 【発明の効果】本発明の再生信号品質評価方法によれ に至るまでの所定期間における状態躍移の確からしさ (例えば、所定期間におけるユークリッド距離の累積 号結果の信頼性を | Pa – Pb | によって判断する。

昭関のある信号品質を示す指標が得られる。

|図1||従来の光ディスクドライブの構成図

「図2】ジッタとビット誤り率の関係を示す図

であることとPR (1, 2, 2, 1) 等化の制約から定 【図3】本発明の実施例で用いる最小極性反転間隔が2

まる状態遷移図

であることとPR (1, 2, 2, 1) 等化の制約から定 【図4】本発明の実施例で用いる最小極性反転間隔が2 まるトレリス図 【図5】 本発明の実施例で用いるトレリス図において状 ₿50.と状態50.≈ 間でとりうる2つの状態遷移列を示す

【図6】 復号結果の信頼性を示すPa-Pbの分布の模式図 【図7】本発明の実施形態3にかかる再生信号品質評価 表置の構成図

【図8】本発明の実施形態3にかかる再生信号品質評価 **長置のピタビ回路、差分メトリック解析器の詳細構成図** 【図9】本発明の実施形態3にかかる再生信号品質評価

【図10】本発明の実施形態3にかかる別の再生信号品 装置のパスメモリの構成図

質評価装置の構成図

【図11】本発明の実施形態3にかかるさらに別の再生 **当号品質評価装置の構成図** 【図12】本発明の実施形態3にかかるさらに別の再生 **自号品質評価装置の構成図**

[図13] 本発明の実施形態4にかかる光ディスク装置

[図14] 本発明の実施形態4にかかる別の光ディスク の構成図

【図15】 本発明の実施形態4にかかるさらに別のの光 装置の構成図

【図16】指標MLSAと誤り率BER(Bit Error Rate) との関係を示すグラフ ディスク装置の構成図

【図17】本発明の実施例で用いる最小極性反転間隔が 2 であることとPR(CO, C1, CO) 等化の制約から定ま る状態遷移図

【図18】 本発明の実施例で用いる最小極性反転間隔が 2 であることと P R (CO, C1, CO) 等化の制約から定ま るトレリス図 【図19】本発明の実施例で用いる最小極性反転間隔が 2であることとPR(CO, C1, C2, C1, CO) 等化の制約 から定まる状態遷移図 【図20】本発明の実施例で用いる最小極性反転間隔が 2であることとPR(CO, C1, C2, C1, CO) 等化の制約 から定まるトレリス図 [符号の説明]

1、8 光ディスク

2 光学ヘッド

3、11 故形等化器

20

求めることによって、最尤復号の2値化結果の誤り率と

た、この複数回測定された | Pa – Pb | のばらつきを

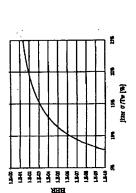
特開2003-141823 26、27 平均值/標準偏差演舞器 *18 加第/比較/避択回路 差分メトリック演算器 周波数特性制御手段 状植遷移検出器 被形等化器B セレクタA セレクタB パスメモリ レジスタ 運延回路 8 2 2 2 24 2 5 5 9 1 9 2 0 23 9 **3** プランチメトリック演算回路 4 差分メトリック解析器 デジタルフィルタ A/D変換器 10, 28 AGC 12 PLL回路 アタア回路 コンパレータ 位相比較器 9 プリアンプ VCO LPF က 4 ß 16

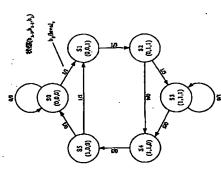
8 **Ce:**

最小極性反転開隔2 + PR(1,2,2,1)の状態通移図 [<u>8</u>3]

ジッタとBERの配係

[図]





8 gg

(gg)

(G,1,0)

(Lings)

(1,15)

最近 水一多

最小極性反転間隔2 + PR(C0,C1,C0)のトレリス図

88

(ෂුදි

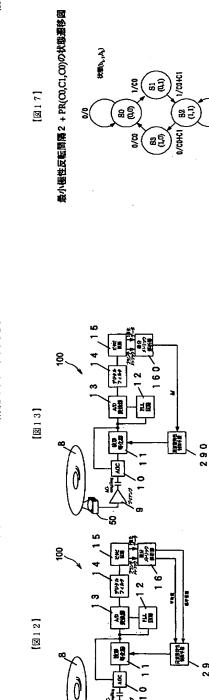
88

88.6

88

33

85 (1,1)





最小種性反転間隔2+PR(CQ,C1,C2,C1,CV)の状態通移図

(4"4"4"4"b)

(Cathal)

1/00-01

a g

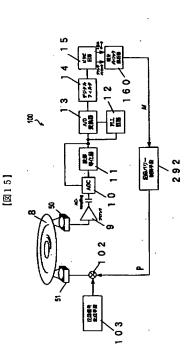
/C0+C1+C2

a a

[図20]

[図19]

[図14]



デャコード (参考)

321A 341B

F1 G11B 20/10

織別記号 321 341

(72)発明者 古宫 成 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器

(72)発明者 石橋 広通

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器 産業株式会社内 Fターム(参考) 5D044 BC01 BC02 CC04 FC01 FC02 FC05 GK18 GL32

(53)

フロントページの続き

(51) Int. Cl., Gl. 1 I B 20/10

産業株式会社内

13

JP 2003-141823 A5 2005.10.

[公報種別] 特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第4区分

【発行日】平成17年10月13日(2005.10.13)

【公開番号】特開2003-141823(P2003-141823A)

【公開日】平成15年5月16日(2003.5.16)

【出願番号】特願2002-196099(P2002-196099)

[国際特許分類第7版]

20/10 20/18 G 1 1 B

G 1 1 B [FI]

3 2 1 A 534A 5 5 0 C 5 0 1 C 5 0 1 F 520C 4 20/18 81/07 20/18 20/18 20/18 20/10 20/10 G 1 1 B G 1 1 B G 1 1 B G 1 1 B 1 1 B G 1 1 B G 1 1 B

【手統補正書

[提出日] 平成17年6月10日(2005.6.10)

[手続補正1]

【補正対象審類名】明細審

条件器状の 【補正対象項目名】

【補正方法】変更

[特許請求の範囲] 【補正の内容】

【辯水項1】

時刻 k 一 j (k は 3 以上の整数、 j は 2 以上の整数)における第 1 状態 8 k・, から時刻 k における第2状態 S * へと適移する n (n は2以上の整数)通りの状態適移列のうちか ら最も確からしい状態遷移列を選択する最光復号方式によって再生信号の復号を行なう 合における、前記復号された信号の品質評価方法であって、

前記時刻kーjから時刻kまでの所定の期間jにおける前記n通りの状態遷移列を規定 する前配第1状態S*-,と前配第2状態S*との所定の組み合わせを検出する工程と

前記後出された前記所定の組み合わせによって規定される前記ヵ通りの状態遷移列のう ちの最も確からしい第1の状態遷移列の前記所定の期間;における状態遷移の確からしさ を表す指標をPaとし、2番目に確からしい第2の状態遷移列の前配所定の期間;におけ る状態遷移の確からしさを示す指標をPbとするとき、|Pa-Pb|を用いて前記時刻 kーjから時刻kまでの復号結果の信頼性を判断する工程と

を包含する再生信号品質評価方法。

[請求項 2]

ンプル値との差に基づいて規定され、前配Pbは、前配所定の期間;における前配第2の 状態遷移列が示す期待値と前記実際のサンプル値との差に基づいて規定される請求項1に 前記Paは、前記所定の期間jにおける前記第1の状態遷移列が示す期待値と実際のサ 載の再生信号品質評価方法。

【請求項3】

から時刻kまでの期待値 1_{k-j+1} , ・・・, 1_{k-1} , 1_k と前記実際のサンプル値 y_{k-j+1} .・・・, y_{k-1} , y_k との差の2乗の果剤値に対応し、前記Pbは、前記第2の状態遷移列 商記 P a は、前記所定の期間;における、前記第1の状態題移列が示す時刻 k − j + 1 が示す時刻k - j <u>+ 1 か</u>ら時刻kまでの期待値mk-j,ユ, ・・・,mk-1,mkと前記実際

・・・・ y k-1・ y k との差の2乗の累積値に対応する請求項 のサンプル値 y k・j ユ

記載の再生信号品質評価方法

【請求項4】

n=2である請求項1に記載の再生信号評価方法

【請求項 2】

-3 Ю 前記第1の状態遷移列と前記第2の状態遷移列とのユークリッド距離は最小値を有す 請求項 1 に記載の再生信号品質評価方法。

【器水頃 6】

問記|Pa-Pb|を複数回避だすることによって、超記役号結果の値微柱のパラを判断する工策をさらに包含する語状項1に記載の再生値や品質評値方法。

>

【離水頃 7】

前記信頼性のバラツキは、前記 | Pa-Pb | の分布の標準偏差を用いて示される請求

項6に記載の再生信号品質評価方法

【踏水項8】

前記値額性のバラツキは、前記|Pa-Pb|の標準偏強と前記|Pa-Pb|の分布 の平均値とを用いて示される請求項6に配載の再生信号品質評価方法

前記|PaーPb|が所定の値を超える頻度を検出することによって前記復号結果の信 額性のバラツキを判断する謝求項6に配載の再生信号品質評価方法。

【醇水項 9】

記録符号の最小極性反転間隔が2であり、かつ、PR (CO, C1, CO) 等化された 再生信号を復号することを特徴とする謝求項1に記載の再生倡号評価方法。 【 糖 末 項 1 0 】

記録符号の最小極性反転間隔が2であり、かつ、 P K (C 0 , C 1 , C 1 , C 0) 等化 [請求項11]

された再生信号を復号することを特徴とする請求項1に記載の再生信号評価方法。

記録符号の最小極性反転間隔が2であり、かつ、PR (C0, C1, C2, C1, C0 【請求項12】

)等化された再生倡号を復号することを特徴とする請求項1に記載の再生倡号評価方法。

[請求項13]

前記| b a ー b b |を計算するとき、前記実際のサンブル値の2乗の計算を行なわないことを特徴とする前記請求項2または3に記載の再生信号評価方法。

【請求項14】

再生信号の振幅値を調整するゲインコントローラと、

所定の等化特性となるように前配再生信号を改形整形する改形等化器と、

前記再生信号と同期がとられた再生クロックを生成する再生クロック生成回路と、

前配再生信号を前配再生クロックでサンプリングを行なうことによってサンプリングデ

一タを生成し、前記サンプリングデータを出力するA / D 変換器と、

前記サンプリングデータから最も確からしいディジタル情報を復号する最尤検出器と、

前記最尤検出器において最も確からしいと判断された第1の状態遷移列の所定の期間に おける状態遷移の確からしさを表す指標をPaとし、2番目に確からしい第2の状態遷移 列の前記所定の期間における状態遷移の確からしさを示す指標をPbとするとき、|Pa

- P b | を算出する差分メトリック演算器と

を備える情報再生装置。

[糖水項 1 5]

前記波形等化器とは異なる所定の等化特性となるように波形整形を行なう追加の波形等 化器を更に備え、 前記再生クロックは、前記追加の波形等化器によって波形整形された再生信号から生成 される請求項14に記載の情報再生装置。

【補正対象審類名】明細審

ව

JP 2003-141823 A5 2005.10.13

【補正対象項目名】0023

【補正の内容】

[0023]

前記 P b は、前記第2の状態圏移列が示す時刻 k ー j + 1 から時刻 k までの期待値 m k - j - L ・・・・ m k - j ・ m k と前記実際のサンプル値 λ k - j - 1 ・・・・ y k - j ・ y k との差の 2 ある好ましい実施形態において、前記Paは、前記所定の期間;における、前記第1の 状態選移列が示す時刻k-j+1から時刻kまでの期待値1k-jt...・・・・1k-1,1k と前記実際のサンプル値 タ k・j ユエ゚ ・・・・ タ k-1・ タ k との差の2乗の累積値に対応し、

[手続補正3]

【桶正対象項目名】0078 【補正対象費類名】明細書

【補正方法】変更

【補正の内容】

[0078]

上述のように誤り率は標準偏差の10を用いて予測され得るが、例えば、以下の式(14)で 定義されるPRML欧差指標MLSA(Maximum Likelihood Sequence_Amplitude)を信

【手続補正4】

号品質(誤り率)を示す指標として用いてもよい。

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0082

【補正方法】変更

【補正の内容】 [0082] なお、これまで、一般的なPR (CO, C1, C1, C0) 等化 (CO, C1は任意の 説明したが、これ以外の<u>PR</u>(C0, C1, C1, C0) 等化(C0, C1は任意の正の 正の数)の一例として、PR(1,2,2,1)等化が適用される場合について具体的に 数)が適用される場合についても上記と同様の手順によって誤り率と相関を持つ指標を得 ることができる。

[手統補正5]

【補正対象書類名】明細書

【楠正対象項目名】0090

[楠正方法] 変更

【補正の内容】

[0600]

簡単のために時刻kでの状態S (0.0)) をS Ok、状態S (0.1))) をS 1k、状 の状態遷移は図17に示す状態遷移図で示され、また、これを時間軸に関して展開すると 図18に示すトレリス図が得られる。

【平統補正6】

【補正対象曹類名】明細書

0092 【補正対象項目名】

【楠正方法】変更

[0092]

【表5】

2つの遷移をとりうる状態遷移と対応するパス

状態遷移	バスAの記録符号	パスBの記録符号
	(b_{k-i}, \dots, b_k)	(b_{k-i}, \dots, b_k)
$S0_{k\cdot3} \rightarrow S2_k$	(0,0,0,1,1)	(0,0,1,1,1)
$S2_{k\cdot 3} \rightarrow S0_k$	(1,1,0,0,0,)	(1,1,1,0,0)
$S0_{k-4} \rightarrow S0_k$	(0,0,0,0,0,0)	(0,0,1,1,0,0)
$S2_{k-4} \rightarrow S2_k$	(1,1,0,0,1,1)	(1,1,1,1,1,1)
S0k·5 → S0k	(0,0,1,1,0,0)	(0,0,1,1,0,0,0)
325.± + S25.	(1100011)	(1110011)

e + +

【手続補正7】

補正対象書類名】明細書

補正対象項目名】0099

補正方法】変更

補正の内容】

[6600]

2つの遷移をとりうる状態遷移と対応するパス

状態遷移	パスAの記録符号	パスBの記録符号
	$(b_{k-4}, b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1}, b_k)$	$(b_{k-4}, b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1}, b_k) \mid (b_{k-4}, b_{k-3}, b_{k-2}, b_{k-1}, b_k)$
$S0_{k\cdot3} \rightarrow S2_k$	(0,0,0,1,1)	(0,0,1,1,1)
$S2k.3 \rightarrow S0k$	(1,1,0,0,0,)	(1,1,1,0,0)

(手続補正8)

補正対象費類名】明細費

桶正方法】 変更

【補正の内容】

[0125]

白色のノイズが伝送路に重畳された場合を考えると、誤りをもっとも起こしうる状態遷 移はパスAとパスBのユークリッド距離が最小となるものとなるのであり、以下の表11に 示す18通りの状態遷移が挙げられる。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正方法】変更

【補正の内容】

[0127]

上記18通りの状態遷移のときの復号結果を c k とし (k は整数) 、 投11に示す状態

遷移における信頼性Pa-Pbをまとめると式 (23) が得られる。

This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

BLACK BORDERS

IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

FADED TEXT OR DRAWING

BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

SKEWED/SLANTED IMAGES

COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

GRAY SCALE DOCUMENTS

LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

OTHER:

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.